

E 117



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 113 393 B1**

(12)

# EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**02.11.2005 Patentblatt 2005/44**

(51) Int Cl.7: **G06T 7/00**

(21) Anmeldenummer: **00890384.1**

(22) Anmeldetag: **22.12.2000**

(54) **Verfahren und Anordnung zur Prüfung von Gegenständen**

Object inspection process and arrangement

Procédé et arrangement pour l'inspection d'objets

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**

(30) Priorität: **29.12.1999 AT 220599**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**04.07.2001 Patentblatt 2001/27**

(73) Patentinhaber: **ARC Seibersdorf research GmbH  
1010 Wien (AT)**

(72) Erfinder:

- **Penz, Harald, Dr.**  
**1120 Wien (AT)**
- **Vrabi, Andreas, Dipl.-Ing.**  
**1100 Wien (AT)**
- **Krattenthaler, Werner, Dr.**  
**2344 Marla Enzersdorf (AT)**
- **Mayer, Konrad, Dipl.-Ing.**  
**1230 Wien (AT)**

(74) Vertreter: **Wildhack, Helmut**  
**Patentanwälte**  
**Dipl.-Ing. Dr. Helmut Wildhack,**  
**Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Jellinek,**  
**Landstrasser Hauptstrasse 50**  
**1030 Wien (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A-99/60517**

- **KRATTENTHALER W ET AL:** "Point correlation: a reduced-cost template matching technique" **PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING (ICIP) AUSTIN, NOV. 13 - 16, 1994, LOS ALAMITOS, IEEE COMP. SOC. PRESS, US, Bd. 3 CONF. 1, 13, November 1994 (1994-11-13), Seiten 208-212, XP010145956 ISBN: 0-8186-6952-7**
- **TANIMOTO S L:** "TEMPLATE MATCHING IN PYRAMIDS" **COMPUTER GRAPHICS AND IMAGE PROCESSING, ACADEMIC PRESS, NEW YORK, US, Bd. 16, 1981, Seiten 356-369, XP000604892**
- **YOSHIMURA S ET AL:** "Fast template matching based on the normalized correlation by using multiresolution eigenimages" **INTELLIGENT ROBOTS AND SYSTEMS '94, 'ADVANCED ROBOTIC SYSTEMS AND THE REAL WORLD', IROS '94, PROCEEDINGS OF THE IEEE/RSJ/GI INTERNATIONAL CONFERENCE ON MUNICH, GERMANY 12-16 SEPT. 1994, NEW YORK, NY, USA, IEEE, 12. September 1994 (1994-09-12), Seiten 2086-2093, XP010142022 ISBN: 0-7803-1933-8**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Anordnung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 10. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. eine Verwendung der erfindungsgemäßen Anordnung.

[0002] Aus KRATTENTHALER W ET AL: "Point correlation: a reduced-cost template matching technique" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING (ICIP) AUSTIN, NOV. 13 - 16, 1994, LOS ALAMITOS, IEEE COMP. SOC. PRESS, US, Bd. 3 CONF 1, 13. November 1994 (194-11-13), Seiten 208-212, XP010145956 ISBN: 0-8186-6952-7 sind ein Verfahren und eine Anordnung der eingangs genannten Art bekannt.

[0003] Die Erfindung soll ein Verfahren und eine Anordnung erstellen, die zur automatischen Prüfung von Gegenständen dienen, wobei die Gegenstände mit einem elektronenoptischen Aufnahmegerät aufgenommen werden, insbesondere um festzustellen, ob die Oberfläche der Gegenstände bestimmte Kriterien erfüllt. Dazu werden Ist-Bildpunkte der Ist-Bilder der Gegenstände mit vorgegebenen Soll-Bildpunkten verglichen, wobei jedoch die Ausrichtung bzw. Lage des Gegenstandes ohne Belang sein soll. Auch soll eine Identifikation von Gegenständen möglich werden bzw. eine Überprüfung dahingehend möglich sein, ob tolerierbare Abweichungen von einem vorgegebenen Sollbild des Gegenstandes über- oder unterschritten werden. Für eine Feststellung der Identität des Gegenstandes soll eine maximale Ähnlichkeit zwischen dem Bild des Gegenstandes und einem oder mehreren verschiedenen möglichen Erscheinungsbildern des Gegenstandes festgestellt werden können.

[0004] Bei bekannten Verfahren wird zuerst die Lage des Gegenstandes festgestellt und darauffolgend eine Überprüfung des aufgenommenen Bildes unter Berücksichtigung der gefundenen Lage durchgeführt. Bei der Lageerkennung erfolgt eine Suche nach bestimmten Bildmerkmalen, z.B. nach Rändern, Kanten oder charakteristischen Mustern, den sogenannten Paßpunkten. Bei hohen Genauigkeitsanforderungen treten dabei jedoch Probleme auf. Die gefundenen Positionsparameter sind nur dort genau, wo die Objektlage genau vermessen wurde, d.h. in der lokalen Umgebung eines Paßpunktes. Durch verschiedene Ursachen kann es jedoch dazu kommen, dass bei Feststellung der Übereinstimmung von Paßpunkten in einem Bereich des Gegenstandes diese Übereinstimmung in einem anderen Bereich des Gegenstandes nicht gegeben sein muß. Stimmt die von einem Bereich des Gegenstandes ermittelte Übereinstimmung der Paßpunkte nicht für einen anderen Bereich des Gegenstandes, so führt dies zu einer vermeintlichen Erkennung von Fehlern bzw. zu einer Fehlinterpretation der Bildinhalte.

[0005] Bei der Aufnahme mit einer Zeilenkamera kann der Gegenstand gegenüber dem Transportmechanismus einen Schlupf aufweisen. Das kann zu Verdrehungen und Verzerrungen innerhalb des aufgenommenen Bildes führen. Dies tritt z.B. auf, wenn einzelne zu prüfende Banknoten mit einem Riementransport für die Aufnahme mittels einer Zeilenkamera schnell bewegt werden. Es kann auch durch unruhige Führung von Gegenständen, z.B. Papierbögen aufgrund des Flatterns eines Papierbogens zu lokalen Aufnahmeverzerrungen kommen, die innerhalb einer Bildaufnahme unterschiedliche perspektivische Abbildungsverhältnisse ergeben.

[0006] Des weiteren kann das Material, aus dem der zu prüfende Gegenstand besteht, unterschiedlichen Ausdehnungsvorgängen bzw. Verwerfungen unterworfen sein, sodaß es lokal zu Positionsabweichungen kommt. Dies trifft insbesondere auf Papier und andere weiche und dehnbare Materialien zu; dies trifft aber auch auf sehr feinstrukturierte Printplatten zu, bei denen thermische Ausdehnungen bereits zu lokalen Positionsveränderungen führen können.

[0007] Durch einen Produktionsprozeß bedingt, können des weiteren Erscheinungsformen ein und desselben Gegenstandes lokal stark variieren. Es können Bildteile gegeneinander verschoben oder sogar leicht verzerrt sein, ohne dass dies jedoch als Fehler gewertet werden soll. Ein Beispiel hierfür sind die Sicherheitsmerkmale auf Banknoten, die gegenüber dem Druckbild verschoben sein dürfen. Dies gilt auch für weitere durch unterschiedliche Druckvorgänge, wie z.B. Tiefdruck, Offsetdruck und Siebdruck hergestellte Druckbilder auf Banknoten, die bestimmte Lageabweichungen bzw. gegenseitige Positionsabweichungen aufweisen dürfen.

[0008] Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Anordnung zu erstellen, mit denen in einfacher, rascher und exakter Weise eine Qualitäts- und/oder Identitäts- und/oder Lageprüfung bzw. -erkennung von Gegenständen möglich wird.

[0009] Erfindungsgemäß wird dies bei einem Verfahren der eingangs genannten Art durch die im Kennzeichen des Anspruches 1 angeführten Merkmale erreicht. Eine erfindungsgemäße Anordnung der eingangs genannten Art ist durch die im Kennzeichen des Anspruches 10 angeführten Merkmale charakterisiert.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Anordnung ermöglichen eine Prüfung des gesamten Gegenstandes oder von Teilbereichen, wobei die Prüfung nach vorab festgelegten oder während der Prüfung sich ergebenden Kriterien mit einer wählbaren Anzahl von Soll-Bildpunkten und/oder mit zumindest einem auswählbaren Ähnlichkeitsmaß und/oder mit komprimierten und/oder extrahierten Datenmengen für eine wählbare Anzahl von Ist-Bildern des Gegenstandes vorgenommen werden kann; die erhaltenen Ähnlichkeitsewerte werden unter Berücksichtigung bzw. in Abhängigkeit von vorgegebenen Prüfwerten ausgewertet.

[0011] Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Vorgangsweise besteht darin, dass bei unterschiedlichen Qualitätsanforderungen an unterschiedliche Bereiche des Gegenstandes die Prüfung den tatsächlichen Erfordernissen angepaßt werden kann und es werden nur die Teilbereiche, die tatsächlich genau überprüft werden müssen und somit hohe Rechenzeit in Anspruch nehmen, überprüft, wogegen man sich bei unkritischen Bereichen mit einer Prüfung, z.B. auf einer groben Auflösungsstufe, d.h. auf einer Stufe hoher Kompression der Datenmenge, oder mit einer Prüfung mit einer reduzierten Anzahl von Soll-Bildpunkten zufrieden gibt.

[0012] Sofern die Berechnung der Ähnlichkeitswerte unter Zugrundelegung der ausgewählten Punktmengen der Soll-Bildpunkte und der über die Transformation des Soll-Bildpunkten zugeordneten Ist-Bildpunkte zeitkritisch wird, so kann das für eine erste Soll-Bildpunkt-Menge errechnete Ähnlichkeitsmaß für eine Positionsbestimmung, zur Fehlererkennung und/oder zur Identifikation eines Gegenstandes oder eines Teilbereiches des Gegenstandes oder zu einem ersten Vergleich des Gegenstandes mit einem oder einer Anzahl von vorgegebenen Soll-Bildpunkten des Gegenstandes herangezogen werden, womit die folgende Prüfung beträchtlich erleichtert wird. Die erfindungsgemäße Vorgangsweise ist von Vorteil für die Überprüfung von Bildbereichen, bei denen die Möglichkeit besteht, dass sie sich aufgrund von Ungenauigkeiten bei der Herstellung des Gegenstandes, z.B. Druckungenauigkeiten überlappen; die Vorgangsweise gemäß diesen Ansprüchen hat auch den Vorteil, dass eine doppelte Prüfung von Ist-Bildpunkten vermieden wird.

[0013] Die Merkmale der Ansprüche 2 und 11 sind vorteilhaft, um die Schnelligkeit der Prüfung zu erhöhen; aufgrund der Reduktion der zu bearbeitenden Datenmengen kann die Prüfung rascher durchgeführt werden, ohne jedoch dadurch die Genauigkeit zu beeinträchtigen.

[0014] Wenn die Merkmale des Anspruches 3 vorgesehen werden, so trägt dies zur Erhöhung der Flexibilität bzw. Anpassbarkeit der erfindungsgemäßen Vorgangsweise an unterschiedliche Aufgabenstellungen bei; diese Flexibilität und Anpassbarkeit wird insbesondere in Kombination mit den im Kennzeichen des Anspruches 1 aufscheinenden Merkmalen erreicht, d.h. durch die Möglichkeit verschiedene Transformationen, Ähnlichkeitsmaße, Soll-Bildpunktmengen bzw. Ist-Bilder nach den Prüfgegebenheiten bzw. nach der Art des Gegenstandes auszuwählen zu können. Es kann eine raschere Abwicklung des Prüfungsverfahrens erfolgen, wenn auf die in vorangehenden Prüfschritten ermittelten Resultate für die folgenden Prüfschritte zurückgegriffen werden kann bzw. erhaltene Resultate folgenden Prüfschritten zugrundegelegt werden können.

[0015] Rechnerisch einfach wird die erfindungsgemäße Vorgangsweise, wenn die Merkmale des Anspruches 4 angewendet werden, da sich damit ein vereinfach-

fachter Aufbau der Rechensysteme und der Auswertung ergibt.

[0016] Die Merkmale der Ansprüche 5 und 6 geben vorteilhafte Vorgangsweisen für die Durchführung einer Kompression von Datenmengen bzw. für die Ermittlung des Ähnlichkeitsmaßes an. Die jeweilige Vorgangsweise wird insbesondere in Abhängigkeit von der Gestalt bzw. Flächenstruktur des Gegenstandes sowie der Art und Weise der durchgeführten Prüfung sowie dem Ziel der Prüfung gewählt.

[0017] Ein einfach zu bedienender und ausreichende Rechenkapazität besitzender Aufbau einer erfindungsgemäßen Anordnung ergibt sich mit den Merkmalen des Anspruches 12. Die vorgesehenen Speicher sind rasch und einfach mit gegenstandsentsprechenden Daten bzw. Parametern zu belegen und die erfindungsgemäße Anordnung kann damit rasch an unterschiedliche Prüfungserfordernisse bzw. unterschiedliche Gegenstände angepasst werden.

[0018] Beispiele für den Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Anordnung sind im Kennzeichen des Anspruches 13 angeführt.

[0019] Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass es für eine schnelle Echtzeitverarbeitung sehr gut geeignet ist. Mit wenig Aufwand an elektronischen Komponenten kann eine Vielzahl von unterschiedlichen Aufgaben bzw. Kombinationen von Verarbeitungsschritten effizient durchgeführt werden.

[0020] Die Merkmalsextraktion, Kompression und Abspeicherung der Daten wird in der Regel für jedes aufgenommene Bild durchgeführt. Vorteilhafterweise werden dabei nur jene Bildbereiche des Ist-Bildes aufbereitet bzw. verarbeitet, die bei den nachfolgenden Schritten benötigt werden. Diese Bildbereiche werden meist vorab festgelegt.

[0021] Für die notwendigen Rechenoperationen werden erfindungsgemäß schnelle elektronische Schaltkreise bzw. schnelle Algorithmen für programmierbare Logikbausteine oder Signalprozessoren eingesetzt, so daß die Kompression bzw. Merkmalsextraktion weniger Zeit beansprucht, als zwischen zwei Bildaufnahmen vergeht. Pro aufgenommenem Ist-Bildpunkt benötigt z. B. eine zweistufige Kompression von Grauwerten durch Gauß-gewichtete Filterung und eine zusätzlich benötigte zweistufige Kantenerkennung mit einem schnellen Signalprozessor nur wenige Nanoskunden.

[0022] Ein Vorteil des Verfahrens ist, dass erfindungsgemäß die Merkmalsextraktionen bzw. Bildkompressionen von einer eigenen Recheneinheit parallel zu den weiteren Prüfschritten erfolgen können. Während die Transformationen und Ähnlichkeitswerte für ein aufgenommenes Bild berechnet werden, kann die Einheit für die Datenkompression bzw. Merkmalsextraktion gleichzeitig schon das nächste Ist-Bild bearbeiten und vorbereiten.

[0023] Eine für das Zeitverhalten des Verfahrens wichtige Eigenschaft ist es, dass erfindungsgemäß für

die Prüfung Soll-Bildpunkt-Mengen mit vorher für die Aufgabenstellung speziell ausgewählten bzw. angepassten Soll-Bildpunkten verwendet werden. Im Gegensatz dazu verwenden bekannte Bildverarbeitungssysteme typischerweise ganze Bilder oder alle Punkte aus rechteckigen Bildausschnitten. Für manche Aufgabenstellungen wie z.B. Lagebestimmungen genügen aber erfindungsgemäß weit weniger Soll-Bildpunkte. Diese liegen oftmals weit verstreut, sind also im allgemeinen nicht benachbart.

[0024] Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung ist eine beträchtliche Steigerung der Verarbeitungsgeschwindigkeit. Erfahrungen zeigen, dass eine kleine Anzahl passend ausgewählter Soll-Bildpunkte hinsichtlich Genauigkeit bei einer Positionsfindung oder Bildprüfung fast gleich gute oder in manchen Fällen sogar bessere Resultate liefert, als wenn alle Punkte eines zusammenhängenden Bildbereiches verwendet werden.

[0025] Durch die gewählte Speicheranordnung kann in einem Verarbeitungsschritt ein Bild gleichzeitig auf mehreren Kompressionsstufen geprüft werden. Da erfindungsgemäß alle Ist-Bild-Merkmale auf allen Kompressionsstufen in einem Speicher liegen, können durch eine geeignete Koordinatenauswahl bzw. Adressierung der Ist-Bildpunkte bei der Ermittlung eines Ähnlichkeitswortes Bildeigenschaften von unterschiedlichen Kompressionsstufen und/oder Merkmalsextraktionen einfließen. Beispielsweise können Gegenstände in wichtigen, markanten Teilen hochauflösend und in unkritischen Teilen in niedriger Auflösung (d.h. auf höherer Kompressionsstufe) geprüft und diese Daten dem Ähnlichkeitsmaß zugrundegelegt werden. Dadurch wird die Anzahl der Rechenoperationen und die Bearbeitungszeit eines Bildes auf ein Minimum gebracht.

[0026] Eine wesentliche Eigenschaft des Verfahrens ist, dass es sich für eine schnelle Pipeline-Verarbeitung eignet. Das heißt, dass die Verarbeitungseinheiten Ströme von Daten (z.B. Koordinaten, Grauwerte, Bildmerkmale) gleichzeitig und zeitversetzt verarbeiten können, so dass eine Einheit Berechnungen für einen Bildpunkt oder eine Bildpunkt-Menge durchführt, während die andere Einheit schon den (die) nächste(n) Bildpunkt oder Bildpunkt-Menge bearbeitet. Ein zeitkritisches Element ist der Ist-Bild/Merkmal-Speicher; auf diesen wird deshalb wahlfrei zugegriffen. Herkömmliche elektronische Halbleiterspeicher sind nur dann schnell, wenn in aufeinanderfolgenden Operationen auf Sequenzen von Daten mit aufsteigender Speicheradresse zugegriffen wird. Für alle Speicher mit Ausnahme des Istbild/Merkmal-Speichers ist diese Voraussetzung erfindungsgemäß gegeben. Für die sehr schnelle Durchführung des Verfahrens ist erfindungsgemäß vorgesehen, einen schnellen Ist-Bild/Merkmal-Speicher mit wahlfreiem Zugriff zu implementieren, etwa in Form eines schnellen, statischen Memory. Bei den anderen Speichern werden erfindungsgemäß die Informationen so angeordnet, dass aufeinanderfolgend benötigte Informationen in für einen schnellen Zugriff passender Reihenfolge

ge optimiert abgelegt werden.

[0027] Die Vorsehung eines Speichers für mehrere auswählbare Ähnlichkeitsmaße erlaubt ein sehr schnelles Umschalten zwischen verschiedenen Ähnlichkeitsmaßen bzw. -algorithmen, die für verschiedene Prüfungsaufgaben bzw. Fragestellungen optimiert sind. Die Ermittlung der Lage eines Gegenstandes benötigt typischerweise die Anwendung zumindest eines anderen Ähnlichkeitsmaßes als die Prüfung auf Vollständigkeit oder Qualität. Wenn für derartige unterschiedliche Prüfungsaufgaben die gleiche Soll-Bildpunkt-Menge und dieselbe Transformation verwendet werden, brauchen die Koordinatentransformationen, das Holen der Informationen aus dem Ist-Bild-Speicher und die gegebenenfalls dabei durchzuführenden Interpolationen der Daten, um die Merkmale den entsprechenden durch die transformierten Koordinaten definierten Bildpunkten exakt zuzuordnen zu können, nicht wiederholt zu werden. Es genügt eine Neubewertung der Punktmenge durch Umschaltung des bzw. Neuauswahl eines Ähnlichkeitsmaßes, wobei gegebenenfalls schon berechnete Zwischenergebnisse, wie z.B. die Interpolationswerte der Ist-Bildpunkte, wiederverwendet werden können.

[0028] Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Anordnung anhand der Zeichnung näher erläutert.

[0029] Die erfindungsgemäße Anordnung umfasst ein elektronenoptisches Aufnahmegerät A. Dieses elektronenoptische Aufnahmegerät kann eine elektronische Kamera, z.B. eine Flächenkamera oder eine Zeilen- bzw. TDI-Kamera oder ein Scanner sein. Mit diesem Aufnahmegerät A werden von den zu prüfenden Gegenständen Ist-Bilder aufgenommen. Über eine entsprechende Datenleitung 7 werden die aufgenommenen Ist-Bilder des Gegenstandes einem Speicher C für die Datenmenge der Ist-Bildpunkte zugeführt. In diesem Speicher C werden die wesentlichen charakteristischen Merkmale der Ist-Bildpunkte nach Merkmalsart und/oder Merkmalswert gespeichert. Die unterschiedlichen Merkmalsarten können z.B. Intensitäten, Kontraste, Kantenvektoren, Ortsfrequenzen, Helligkeitswechsel zwischen Bildpunkten, statistische Kennzahlen oder andere den einzelnen Ist-Bildpunkten zugeordnete Merkmalsarten sein. Diese Merkmale besitzen entsprechende zahlenmäßig festlegbare Merkmalswerte; diese Merkmalswerte werden zur Berechnung des Ähnlichkeitsmaßes herangezogen.

[0030] In eine, an den Speicher C über eine Datenleitung 9 angeschlossene Datenkompressions- bzw. Merkmalsextraktionseinheit F werden die Datenmengen der Ist-Bildpunkte einer Kompression- und/oder Merkmalsextraktion unterzogen. Die Datenmenge eines Ist-Bildpunktes umfasst auch die entsprechenden Koordinaten dieses Ist-Bildpunktes. Die reduzierten und/oder extrahierten Datenmengen bzw. Merkmale werden abgespeichert und zur Ermittlung von Ähnlichkeitsmaßen bereitgestellt.

[0031] Der Einheit F ist ein Speicher G zugeordnet, in

dem Kompressions- und/oder Extraktionsalgorithmen gespeichert vorliegen. Der Speicher G wird über eine Datenleitung 5 mit extern vorbereiteten Kompressions- und/oder Extraktionsalgorithmen versorgt bzw. beschickt, die an die jeweilige Prüfsituation bzw. den jeweiligen Gegenstand angepasst sind. Über eine Datenleitung 10 werden von der Einheit F vom Speicher G ausgewählte Kompressions- und/oder Extraktionsalgorithmen angefordert bzw. die Einheit F damit beschickt.

[0032] Über die Datenleitung 9 besteht ein Datenaustausch zwischen dem Speicher C mit der Datenmenge der Ist-Bildpunkt und der Datenkompressions- und Merkmalsextraktionseinheit F, um entsprechende Datenmengen von Ist-Bildpunkten der Einheit F zuzuführen bzw. um die reduzierten und/oder extrahierten Datenmengen dem Speicher C zuzuführen und diese dort für eine weitere Verwendung abzulegen.

[0033] Die allenfalls reduzierten und/oder extrahierten Datenmengen betreffend die Ist-Bildpunkte werden über eine Datenleitung 14 einer Einheit E zur Bestimmung von Ähnlichkeitsmaßen zugeführt. An diese Einheit E ist ein Speicher D angeschlossen, in den über eine Datenleitung 2 extern vorbereitete Ähnlichkeitsmaße eingegeben bzw. abgespeichert werden können. Über eine Datenleitung 15 werden der Einheit E ausgewählte Ähnlichkeitsmaße aus dem Speicher D für die jeweilige Berechnung eines Ähnlichkeitsmaßes zugeführt.

[0034] Ein weiterer wesentlicher Bestandteil der Auswerteeinheit 30 ist ein Soll-Bildpunktspeicher H, in den über eine entsprechende Eingabeleitung 3 nach empirischen Kriterien ermittelte oder vorgegebene und/oder durch Rechenoperationen ermittelte und/oder aus Soll-Bildern des zu prüfenden Gegenstandes abgeleitete Soll-Bildpunkte abgespeichert werden. Diese Abspeicherung erfolgt mit vollständiger und/oder reduzierter bzw. komprimierter und/oder extrahierter Datenmenge, Koordinaten und/oder Merkmale für die einzelnen Soll-Bildpunkte. Dieser Soll-Bildpunktspeicher H steht über eine Datenleitung 11 mit einer Transformationseinheit I in Verbindung. Über die Datenleitung 11 werden die Daten ausgewählter Soll-Bildpunktmengen der Transformationseinheit I übermittelt.

[0035] An die Transformationseinheit I angeschlossen ist ein Speicher J für Transformationen, der über eine Eingabeleitung 4 mit einer Anzahl von vorbestimmten bzw. festgelegten Koordinatentransformationen beschickt worden ist. Über die Datenleitung 12 erfolgt eine Übermittlung ausgewählter Koordinatentransformationen an die Transformationseinheit I; die Transformationseinheit I transformiert die Koordinaten  $x, y, z$  der Soll-Bildpunkte entsprechend der jeweiligen aus dem Speicher J ausgewählten Transformation.

[0036] Die Bildpunkte werden entweder mit zwei- oder dreidimensionalen Koordinaten festgelegt, je nachdem, ob die Bildpunkte aus einer zweidimensionalen oder dreidimensionalen Betrachtungs- bzw. Abbildungsweise des Gegenstandes erhalten wurden.

[0037] Über eine Datenleitung 13 werden die Datenmengen der Soll-Bildpunkte, umfassend die Merkmale, d.h. Merkmalsart und Merkmalswert des jeweiligen Soll-Bildpunktes sowie die zugehörigen transformierten Koordinaten  $x', y', z'$  der Einheit E zur Bestimmung des Ähnlichkeitsmaßes zugeführt. In der Einheit E erfolgt mit dem jeweils aus der Anzahl vorgegebener Ähnlichkeitsmaße ausgewählten Ähnlichkeitsmaß die Berechnung eines Ähnlichkeitswertes zwischen den Merkmalen der Soll-Bildpunkte der ausgewählten Soll-Bildpunktmenge und den Merkmalen derjenigen Ist-Bildpunkte, die an den Stellen der transformierten Koordinaten  $x', y', z'$  der Soll-Bildpunkte liegen.

[0038] Es kann dabei der Fall auftreten, dass an der Stelle der transformierten Koordinaten  $x', y', z'$  eines Soll-Bildpunktes kein entsprechender Ist-Bildpunkt vorhanden ist; in diesem Fall wird entweder dieser Soll-Bildpunkt bei Berechnung des Ähnlichkeitsmaßes nicht berücksichtigt, oder es kann, sofern eine entsprechende Anzahl derartiger nicht berücksichtigter Soll-Bildpunkte vorliegt, eine andere Transformation herangezogen werden.

Bei der Berechnung bzw. Ermittlung der Ähnlichkeitsmaße werden die jeweiligen Merkmale eines Ist-Bildpunktes dem zugeordneten Soll-Bildpunkt gegenübergestellt und das Ähnlichkeitsmaß errechnet. Dabei kann vorgesehen sein, dass zur Ermittlung des Ähnlichkeitsmaßes zwischen charakteristischen Merkmalen von Ist-Bildpunkten und Soll-Bildpunkten eine gegebenenfalls normierte Kreuzkorrelation der Merkmale, z.B. Farb- bzw. Grauwerte oder Intensitätswerte der Ist-Bildpunkte und Soll-Bildpunkte vorgenommen wird oder die Summe der absoluten Differenzen der Merkmale, vorzugsweise der Grau- oder Farbwerte, der jeweiligen Bildpunkte ermittelt wird, wobei diese Differenzen gegebenenfalls gewichtet und/oder potenziert werden, wobei gegebenenfalls vor der Ermittlung des Ähnlichkeitsmaßes durch Bildung der absoluten Differenzen von den jeweils berechneten Differenzwerten der Merkmale ein dem jeweiligen Merkmal des Soll-Bildpunktes zugeordneter Toleranzwert subtrahiert wird. Die Auswerteeinheit 30 umfasst des weiteren einen Prioritätswertspeicher B, der über eine Eingabeleitung 1 mit Prioritätswerten initialisiert werden kann. Ein Anstoß für eine derartige Initialisierung erfolgt über die Datenleitung 8 bei jeder Neuaufnahme eines Ist-Bildes. Die Bildpunkte bzw. Speicherplätze des Prioritätswertspeichers B sind den Ist-Bildpunkten, die im Speicher C abgelegt sind, zugeordnet. Diese Zuordnung erfolgt über eine bestimmte Zuordnungsvorschrift. Des weiteren wird zumindest einer Anzahl, vorzugsweise allen Soll-Bildpunkten, jeweils ein Prioritätswert, z.B. eine Zahl, zugeordnet; die Datenmengen der Soll-Bildpunkte werden im Soll-Bildpunktspeicher H jeweils mit diesem Prioritätswert abgelegt. Allenfalls werden Soll-Bildpunkte zu Soll-Bildpunktmengen zusammengefasst, wobei derartige Soll-Bildpunktmengen Soll-Bildpunkte mit demselben Prioritätswert und mit Merkmalen derselben Merkmalsart auf-

weisen.

[0039] Die Bildpunkte des Prioritätswertspeichers B mit ihrem jeweiligen Prioritätswert sind den im Speicher C abgelegten Ist-Bildpunkten zugeordnet. Des weiteren werden die Koordinaten  $x, y, z$  der Soll-Bildpunkte über die jeweils gewählte Transformation auf die Bildebene der Ist-Bildpunkte abgebildet, sodass ein Vergleich zwischen den Prioritätswerten der Soll-Bildpunkte und den Prioritätswerten der Bildpunkte des Prioritätswertspeichers B erfolgen kann. In der Einheit E zur Bestimmung von Ähnlichkeitsmaßen erfolgt dieser Vergleich der über die Datenleitung 16 erhaltenen Prioritätswerte des Prioritätswertspeichers B und der Prioritätswerte der entsprechenden Soll-Bildpunkte, die im Soll-Bildpunktspeicher H abgelegt sind. Es ist vorgesehen, dass vor Ermittlung des Ähnlichkeitsmaßes ein Vergleich des Prioritätswertes des jeweiligen Soll-Bildpunktes und des Prioritätswertes des zugeordneten Bildpunktes des Prioritätswertspeichers erfolgt, welcher Bildpunkt über die jeweilige Transformation der Koordinaten des Soll-Bildpunktes und die Abbildung des Ist-Bildes auf die Speicherplätze des Prioritätswertspeichers dem jeweiligen Soll-Bildpunkt zugeordnet ist und dass für den Fall, dass der Prioritätswert des Soll-Bildpunktes größer oder gleich dem Prioritätswert dieses Bildpunktes ist, die Merkmale dieses Punktepaars bei Ermittlung des Ähnlichkeitsmaßes berücksichtigt werden und gegebenenfalls der Prioritätswert des Soll-Bildpunktes dem Bildpunkt des Prioritätswertspeichers zugeordnet bzw. auf diesen übertragen wird, und dass für den Fall, dass der Prioritätswert des Soll-Bildpunktes kleiner als der Prioritätswert des Bildpunktes ist, dieses Punktepaar bei Ermittlung des Ähnlichkeitsmaßes bzw. Errechnung des Ähnlichkeitswertes unberücksichtigt bleibt. Zweckmäßig ist dabei, dass die Anzahl der berücksichtigten und/oder nicht berücksichtigten Soll-Bildpunkte bzw. Punktepaare ermittelt und für die Bewertung des Prüfergebnisses bzw. für die Bewertung und allfällige Neuauswahl des Ähnlichkeitsmaßes herangezogen wird und/oder dass die Prioritätswerte von Ist-Bildpunkten, die von einer Prüfung ausgeschlossen werden sollen oder bei Berechnung des Ähnlichkeitsmaßes unberücksichtigt bleiben sollen, vorab auf einen Wert gesetzt werden, der den höchsten Prioritätswert eines Soll-Bildpunktes übersteigt.

[0040] Vorteilhaft ist dabei, wenn bei der Ermittlung des Ähnlichkeitsmaßes mit der Soll-Bildpunkt-Menge begonnen wird, deren Soll-Bildpunkte den höchsten Prioritätswert aufweisen.

[0041] Zwischen der Einheit E und einer Einheit K zur Beurteilung, ob ein vorgegebenes Abbruchkriterium für einen Prüfschritt erfüllt ist, oder ob die ermittelten Ähnlichkeitswerte ein vorgegebenes Abbruchkriterium erfüllen, erfolgt eine Übertragung der Daten über eine Datenleitung 17, in der die Ähnlichkeitswerte an die Beurteilungseinheit K übermittelt werden und seitens der Einheit K die Auswahl der für den nächsten Prüfungsschritt einzusetzenden Ähnlichkeitsmaße erfolgt.

[0042] Die Beurteilungseinheit K kann des weiteren für die Fortsetzung der Prüfung eine andere Datenkompression und/oder Merkmalsextraktion über die Datenleitung 21 auswählen bzw. vorgeben; über die Datenleitung 20 kann eine andere vorgegebene Transformation ausgewählt bzw. vorgegeben werden; über die Datenleitung 23 können andere Sollbildpunkte ausgewählt werden; über die Datenleitung 24 können andere Ist-Bilder für den nächsten Prüfschritt ausgewählt werden. Über die Datenleitung 19 können andere Ähnlichkeitsmaße ausgewählt werden.

[0043] An die Beurteilungseinheit K ist über eine Datenleitung 18 ein Speicher L angeschlossen, der über eine Eingabe 6 mit vorbereiteter, auswählbaren Beurteilungsparametern beschickt ist.

[0044] An die Beurteilungseinheit K ist über eine Datenleitung 22 eine Auswerte- bzw. Monitoreinheit M angeschlossen, die optische und/oder akustische Anzeigeeinrichtungen, entsprechende Aufzeichnungsgeräte bzw. Auswertegeräte für die erhaltenen Prüfergebnisse umfasst. Allenfalls umfasst bzw. steuert diese Einheit M auch auf die zu prüfenden Gegenstände einwirkende mechanische Einrichtungen, mit denen Gegenstände ausgeschieden oder bearbeitet oder auf diese eingewirkt werden können (kann).

[0045] Die Funktion der Auswerteeinheit 30 kann im wesentlichen durch die Beurteilungseinheit K gesteuert werden, insbesondere durch eine Beurteilung von Zwischenergebnissen, z.B. erhaltenen Ähnlichkeitswerten, vorgenommenen Transformationen usw., die mit den in dem Speicher L eingegebenen Beurteilungsparametern verglichen werden.

[0046] In der Einheit M kann auch eine Gesamtbeurteilung des Prüfergebnisses bzw. des zu prüfenden Gegenstandes erfolgen.

[0047] Die Kriterien nach denen ein neues Ähnlichkeitsmaß, eine neue Transformation, neue Soll-Bildpunkte, neue Ist-Bilder, neue Beurteilungskriterien herangezogen werden, sind für den jeweiligen Prüfzweck und/oder Gegenstand angepasst bzw. vorgegeben bzw. können durch entsprechende Neueingabe der entsprechenden Parameter verändert und angepasst werden.

[0048] Die Anzahl der Prüfschritte richtet sich nach dem jeweiligen Prüfzweck bzw. nach der Prüfungsaufgabe und den vorgegebenen Abbruchkriterien.

[0049] Die Kompression und/oder die Merkmalsextraktion betreffend die Datenmengen der Ist-Bildpunkte erfolgt vor der Berechnung des jeweiligen Ähnlichkeitsmaßes. Eine Berechnung des Ähnlichkeitsmaßes zwischen komprimierten bzw. extrahierten Merkmalen der Ist-Bildpunkte und Merkmalen der Soll-Bildpunkte erfolgt, nachdem die entsprechenden Merkmale und/oder Koordinaten der Soll-Bildpunkte ebenfalls einer gleichen Kompression und/oder Extraktion unterzogen wurden. Eine Kompression bzw. Extraktion von Datenmengen wird vorteilhafterweise derart durchgeführt, dass eine Kompression von Datenmengen dadurch durchgeführt wird, dass aus einer Anzahl, vorzugsweise

vier, benachbarter Ist-Bildpunkte ein Mittelwert der entsprechenden Bildpunktmerkmale und/oder Koordinaten berechnet wird oder dass eine gewichtete Summe, insbesondere eine Gaußgewichtung in vertikaler und/oder horizontaler Richtung unter Einsatz eines vorgegebenen Reduktionsfaktors, beispielsweise zwei oder Vielfache dieses Wertes für die Merkmale und/oder Koordinaten einer Anzahl zusammenhängender Ist-Bildpunkte errechnet wird, oder dass für eine Menge von benachbarten Ist-Bildpunkten ein Merkmal errechnet bzw. ermittelt wird, z.B. die Richtung und/oder die Länge von Kanten, oder dass eine diskrete Kosinustransformation der Ortsfrequenzen von Ist-Bildpunkten erfolgt oder dass eine Wavelet-Transformation erfolgt oder dass eine Bestimmung der Ausprägung und Vorzugsrichtung von Bild- bzw. Musterkanten durch Gabor-Filter erfolgt.

**[0050]** In der Beurteilungseinheit K kann vorgesehen sein, dass der beste erhaltene Ähnlichkeitswert sowie die diesem Ähnlichkeitswert zugrundeliegende Transformation sowie die diesem Ähnlichkeitswert zugrundeliegende Soll-Bildpunkt-Menge als Zwischenergebnis angesehen werden und in Abhängigkeit vom besten Ähnlichkeitsmaß und der besten Transformation eine andere Ist-Bildpunkt-Menge zumindest einer Kompression und/oder zumindest einer Merkmalsextraktion unterzogen wird und damit die Prüfung fortgesetzt wird.

**[0051]** Dreidimensionale Koordinaten für die Ist-Bildpunkte bzw. die Soll-Bildpunkte fallen z.B. bei Computertomographien an, da dort dreidimensionale Datenmengen behandelt werden. Bei der Auswertung bzw. Beurteilung von Videofilmen kann die dritte Koordinate für das Indizieren der Einzelbilder verwendet werden.

**[0052]** Ein Abbruch der Prüfung aufgrund eines vorgegebenen Ähnlichkeitskriteriums kann z.B. dann erfolgen, wenn nur für eine vorgegebene Anzahl von vorgegebenen Transformationen und/oder für eine vorgegebene Menge von Soll-Bildpunkten die Ähnlichkeitswerte ermittelt werden sollen und diese Ergebnisse als ausreichend angesehen werden.

**[0053]** Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Diese Ausführungsbeispiele sollen jedoch keinesfalls die einzigen Anwendungsmöglichkeiten des erfindungsgemäßen Verfahrens darstellen und sind nicht einschränkend auszulegen, sondern lediglich als Illustrationsbeispiele zu verstehen.

Beispiel für eine Lagebestimmung

Aufgabenstellung:

**[0054]** Die Lage eines auf einer ebenen Fläche, z.B. Behälteroberfläche, aufgetragenen Druckes, z.B. eines Logos, soll bestimmt werden. Dieser Vorgang ist für viele weitere Flächen zu wiederholen. Es wird davon ausgegangen, dass Verdrehungen und Größenverzerrungen vernachlässigbar klein sind, der Druck aber in x- und y-Richtung gegenüber der Sollposition verschoben

sein kann. Diese Abweichungen sind zu ermitteln.

Erfindungsgemäße Vorgangsweise ohne Kompression:

- 5 **[0055]** Mit einer elektronischen Kamera wird eine Probeaufnahme gemacht. Die Kamera A liefert ein Grauwertbild. Die Lage des Druckes in dieser Probeaufnahme wird als Sollposition definiert. Mit einem vorgegebenen Software-Programm werden z.B. 50 Bildpunkte der
- 10 Probeaufnahme als geeignete Soll-Bildpunkte ausgewählt und in den Soll-Bildpunktsspeicher H geschrieben. Als charakteristisches Merkmal wird der Grauwert verwendet; damit wird eine Merkmalsextraktion vermieden. Kompressionen und Prioritätswerte werden bei dieser
- 15 Vorgangsweise nicht benötigt. Bei den Koordinatentransformationen werden nur Verschiebungen untersucht. Jede dieser Verschiebungen verändert die Koordinaten der Soll-Bildpunkte derart, dass für die jeweilige Verschiebung konstante Werte a und b zu den Koordinaten x, y hinzugezählt werden. Die transformierten Koordinaten  $x'$ ,  $y'$  sind daher gleich  $x+a$ ,  $y+b$ , wobei die Parameter a und b bestimmen, um wie viele Bildpunkte verschoben wird. Die Parameter a und b kennzeichnen daher in eindeutiger Weise die Verschiebung und werden in den Speicher J der Transformationseinheit I
- 25 geschrieben. Es werden alle möglichen Kombinationen von a und b gebildet, sofern die Werte die maximal zu untersuchenden Verschiebungen nicht überschreiten.
- 30 **[0056]** Nach diesen Vorbereitungen erfolgt die eigentliche Lagebestimmung. Für jedes Ist-Bild, das die elektronische Kamera A liefert, werden alle Koordinatentransformationen im Speicher J der Transformationseinheit I, also alle zuvor hineingeschriebenen Verschiebungen, durch die Transformationseinheit I angewandt bzw.
- 35 durchgeführt. Dabei werden jeweils die Koordinaten x, y aller Soll-Bildpunkte bzw. dieser Soll-Bildpunktmenge des Soll-Bildpunktsspeichers H dieser Koordinatentransformation unterworfen. Daraus resultieren die Koordinaten  $x'$ ,  $y'$  der zugehörigen Ist-Bildpunkte. Die Grauwerte sind bei dieser Vorgangsweise das charakteristische Merkmal und werden daher für die Berechnung des Ähnlichkeitsmaßes herangezogen. Als Ähnlichkeitsmaß wird die normierte Kreuzkorrelation verwendet. Diese muss im Speicher D der Einheit E zur Bestimmung des Ähnlichkeitsmaßes vorhanden sein. Jene Koordinatentransformation, bei welcher der Wert der normierten Kreuzkorrelation am größten und die damit am besten ist, wird gespeichert. Die zu dieser Koordinatentransformation gehörigen Parameter a und b geben die Abweichung von der Sollposition an und bilden somit das Prüfergebnis, das beurteilt wird. Der Vorgang wird nun für das nächste Bild, das die elektronische Kamera liefert, wiederholt.
- 40
- 45

55 Erfindungsgemäße Vorgangsweise mit Kompression:

**[0057]** Diese Vorgangsweise unterscheidet sich von der zuvor beschriebenen dadurch, dass die Ist-Bilder ei-

ner zweistufigen Kompression unterzogen werden. Zusammen mit dem Ist-Bild stehen dann drei Datenmengen auf unterschiedlichen Stufen für die Lagebestimmung zur Verfügung. Das Verfahren eignet sich besonders, wenn die maximal erlaubten Verschiebungen sehr groß sind. Der Ablauf ist jedoch gegenüber der zuvor beschriebenen Vorgangsweise deutlich schneller.

**[0058]** In der Vorbereitungsphase wird eine Probeaufnahme des Gegenstandes einer zweistufigen Kompression unterzogen. Dabei wird für jeden Bildpunkt der Probeaufnahme aus seinem Grauwert und den Grauwerten seiner unmittelbar horizontal, vertikal und diagonal benachbarten Bildpunkte eine Gauß-gewichtete Summe gebildet. Diese Summe stellt einen neuen Grauwert bzw. das neue Merkmal dar. Nur jeder zweite dieser neuen Bildpunkte in vertikaler und horizontaler Richtung wird ausgewählt und bildet einen Bildpunkt in der ersten Kompressionsstufe. Somit wird sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung eine Kompression mit dem Reduktionsfaktor 2 bzw. dem Gesamtreduktionsfaktor 4 erreicht. Dieser Vorgang wird mit dem Bild der ersten Kompressionsstufe statt des Bildes der Probeaufnahme wiederholt. Die so erhaltene zweite Kompressionsstufe hat sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung gegenüber der Probeaufnahme den Reduktionsfaktor 4 bzw. den Gesamtreduktionsfaktor 16. Für jede der drei Stufen werden mit einem vorgegebenen Software-Programm 50 geeignete Bildpunkte als Soll-Bildpunkte ausgewählt und in den Soll-Bildpunkt-speicher eingetragen. Somit stehen dort die Daten dreier verschiedener Soll-Bildpunkt-Mengen zur Verfügung, je eine für die beiden Kompressionsstufen und eine für die nicht komprimierte Stufe. Die Soll-Bildpunkt-Menge für die höchste Kompressionsstufe ist dabei die erste, die für die Auswertung herangezogen wird. In den Speicher J der Transformationseinheit werden ebenfalls drei unterschiedliche Mengen von Koordinatentransformationen eingegeben. Die erste Menge wird in der zweiten und damit höchsten Kompressionsstufe eingesetzt. Wie bei der zuvor beschriebenen Vorgangsweise werden wiederum alle Verschiebungen mit den Parametern a und b eingetragen, sofern die Werte die maximal zu untersuchenden Verschiebungen nicht überschreiten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass a und b angeben, um wie viele Bildpunkte der zweiten Kompressionsstufe verschoben wird. Da einem einzelnen dieser Bildpunkte auf Grund des Gesamtreduktionsfaktors 16 auch 16 Bildpunkte der Probeaufnahme entsprechen, ist die Anzahl der Verschiebungen im Vergleich zur zuvor beschriebenen Vorgangsweise ebenfalls um den Faktor 16 kleiner. Da im Gegenzug aber auch die Genauigkeit der Lagebestimmung darunter leidet, werden nun auch Koordinatentransformationen für die nächsthöhere, also die erste Kompressionsstufe bereitgestellt. Hierbei werden z.B. aber nur Verschiebungen berücksichtigt, deren Werte für a und b entweder 1, 0 oder -1 sind. Insgesamt werden also nur die 9 daraus resultierenden Kombinationsmöglichkeiten in den Speicher J der

Transformationsseinheit 1 eingetragen. Sie bilden die zweite Menge. Die dritte Menge von Koordinatentransformationen besteht wie die zweite aus 9 Verschiebungen, wobei wiederum die Parameter a und b die Werte 1, 0 oder -1 annehmen. Sie bezieht sich jedoch auf keine der Kompressionsstufen sondern auf das nicht komprimierte Bild. Sie dient zur abschließenden genauen Lagebestimmung.

**[0059]** Die elektronische Kamera liefert laufend Bilder, in denen die Lage des Drucks bestimmt werden soll. Das Bild wird zuerst mittels der Datenkompressionseinheit F der gleichen zweistufigen Kompression unterzogen, wie zuvor die Probeaufnahme. Dann werden mit der Transformationseinheit die in der ersten Menge von Koordinatentransformationen enthaltenen Verschiebungen für die Koordinaten x, y der Soll-Bildpunkte der ersten Soll-Bildpunkt-Menge durchgeführt. Die daraus resultierenden transformierten Koordinaten x', y' beziehen sich auf die zweite bzw. höchste Kompressionsstufe des Ist-Bildes. Die dort befindlichen Merkmale bzw. Grauwerte werden ausgelassen und für jede Verschiebung getrennt mit den Merkmalen bzw. Grauwerten der Soll-Bildpunkte verglichen. Als Ähnlichkeitsmaß wird die normierte Kreuzkorrelation verwendet. Diejenige Koordinatentransformation bzw. Verschiebung, bei welcher der höchste und damit beste Ähnlichkeitswert erreicht wird, stellt ein vorläufiges Ergebnis dar und wird abgespeichert. Das Verfahren wird mit der zweiten Soll-Bildpunkt-Menge fortgesetzt. Die Koordinatentransformationen, die dabei verwendet werden, setzen sich aus den Verschiebungen der zweiten Menge von Koordinatentransformationen und aus dem zuvor ermittelten vorläufigen Ergebnis zusammen. Dabei muss natürlich berücksichtigt werden, dass die als vorläufiges Ergebnis ermittelte Verschiebung sich auf eine höhere Kompressionsstufe bezieht. Bei der Zusammensetzungen der Verschiebungen bzw. Koordinatentransformationen muss daher der Reduktionsfaktor 2 berücksichtigt werden. So entstehen 9 neue Verschiebungen bzw. Koordinatentransformationen. Mit diesen werden die Koordinaten der Soll-Bildpunkte aus der zweiten Soll-Bildpunkt-Menge durch die Transformationseinheit I transformiert. Wieder wird in der Einheit E die normalisierte Kreuzkorrelation zwischen den Merkmalen der Ist-Bildpunkte an der Stelle der transformierten Koordinaten und den Merkmalen der zugehörigen Soll-Bildpunkte berechnet. Diejenige Koordinatentransformation bzw. Verschiebung, bei welcher der höchste und damit beste Ähnlichkeitswert erreicht wird, stellt wieder ein vorläufiges Ergebnis dar und wird abgespeichert. Der Vorgang wird analog für das Ist-Bild wiederholt. Die daraus resultierende Koordinatentransformation bzw. Verschiebung stellt das endgültige Ergebnis dar, das beurteilt wird.



Beispiel für die Qualitätsprüfung eines einfachen Druckes

#### Aufgabenstellung:

**[0060]** Der Aufdruck auf Verpackungsschachteln soll bezüglich Druckqualität überprüft werden. Als Mängel in der Druckqualität gelten z.B. fehlende Stellen im Druck, verdrehter Druck, Verwischungen, etc. Jede Verpackungsschachtel soll zwar den gleichen Aufdruck haben, kleine Drucktoleranzen bezüglich Lage und Helligkeit sind jedoch erlaubt.

#### Erfindungsgemäße Vorgangsweise:

**[0061]** Es werden mehrere Probeaufnahmen von drucktechnisch einwandfreien Verpackungen gemacht. Aus diesen werden mit einem eigenen Programm die Soll-Bildpunkte für den Soll-Bildpunktspeicher abgeleitet. Jeder Soll-Bildpunkt erhält als Merkmal einen Grauwert. Weiters ist jedem Bildpunkt ein Toleranzwert zugeordnet. Der Grauwert ist im wesentlichen der mittlere Grauwert der Probeaufnahmen an den Koordinaten  $x$ ,  $y$ ,  $z$  des Soll-Bildpunktes. Der Toleranzwert ist ein Maß für die Streuung der Werte der Probeaufnahmen an den Koordinaten  $x$ ,  $y$ ,  $z$  des Soll-Bildpunktes.

**[0062]** Die elektronische Kamera liefert laufend Ist-Bilder, für die zuerst die Lage des Aufdrucks bestimmt wird. Dies geschieht mit einer der zuvor beschriebenen Vorgangsweisen, die als Ergebnis eine als beste beurteilte Koordinatentransformation liefern. Die Transformationseinheit benutzt diese, um die Koordinaten  $x$ ,  $y$ ,  $z$  der Soll-Bildpunkte auf die Koordinaten der Ist-Bildpunkte  $x$ ,  $y$ ,  $z$  zu transformieren. Für die Ermittlung des ersten Ähnlichkeitsmaßes werden die absoluten Differenzen der Merkmale bzw. Grauwerte um einen jeweiligen zum Soll-Bildpunkt gehörigen Toleranzwert vermindert und anschließend aufsummiert. Falls dabei die jeweilige absolute Differenz kleiner ist als der Toleranzwert, wird 0 aufsummiert. Beim zweiten Ähnlichkeitsmaß wird statt der Summe das Maximum gebildet. Beim dritten Ähnlichkeitsmaß wird die Anzahl der Summanden im ersten Ähnlichkeitsmaß, die ungleich 0 sind, bestimmt. Die Auswertereinheit beurteilt nun diese drei Ähnlichkeitswerte und entscheidet, ob der Aufdruck als fehlerhaft zu bewerten ist.

Beispiel für die Qualitätsprüfung eines Mehrfachdruckes

#### Aufgabenstellung

**[0063]** Ebene Druckbilder, die abgesehen von Drucktoleranzen immer gleich aussehen sollen, müssen bezüglich ihrer Druckqualität überprüft werden. Jedes Bild wird in mehreren Druckschritten erzeugt, wobei jeweils gewisse Teile des Bildes gedruckt werden. Bei Überschneidungen werden die durch den neuen Druckschritt

überlappten Teile vollständig zugedeckt. Die Lage der einzelnen Druckschritte zueinander kann leicht variieren, so dass die Größe der Überschneidungen nicht bekannt ist. Die daraus resultierenden Unterschiede sollen aber toleriert werden.

#### Erfindungsgemäße Vorgangsweise:

**[0064]** Von jedem einzelnen Druckschritt werden getrennte Probeaufnahmen gemacht. Aus diesen werden mit einem eigenen Werkzeug bzw. Programm Soll-Bildpunkt-Mengen mit Merkmals- und Toleranzwerten ermittelt und in den Soll-Bildpunktspeicher  $H$  geschrieben. Für jeden Druckschritt gibt es genau eine zugehörige Soll-Bildpunkt-Menge. Diesen Mengen werden aufsteigende Prioritätswerte zugeordnet. Die Soll-Bildpunkt-Menge des ersten Druckschritts bekommt die niedrigste und die des letzten die höchste Priorität.

**[0065]** Die vom Aufnahmegerät  $A$  kommenden Ist-Bilder werden der Reihe nach geprüft. Alle Prioritätswerte in der Prioritätsmaske bzw. im Prioritätsspeicher  $B$  werden bei jedem Bild zunächst mit 0 initialisiert. Dann wird die Position des obersten Drucks mit einem der oben beschriebenen Verfahren bestimmt. Bei diesem Vorgang wird ein Soll-Bildpunkt nur dann bei der Berechnung des Ähnlichkeitsmaßes berücksichtigt, wenn dessen Prioritätswert größer ist als jener in der Prioritätsspeicher  $B$  an der Stelle der dem Ist-Bildpunkt zugeordneten Koordinaten für die Prioritätsmaske. Der Prioritätswert in dem Prioritätsspeicher  $B$  wird dabei nicht verändert. Nach dieser Lagebestimmung bildet die Transformationseinheit  $I$  mit der erhaltenen Koordinatentransformation die Koordinaten  $x$ ,  $y$ ,  $z$  der Soll-Bildpunkte auf Koordinaten  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  der Ist-Bildpunkte ab und die Einheit  $E$  berechnet die Ähnlichkeitsmaße. Dabei werden wieder die Prioritätswerte der Soll-Bildpunkte mit jenen des Prioritätsspeichers  $B$  bei den, den Ist-Bildpunkten zugeordneten Koordinaten für den Prioritätsspeicher  $B$  verglichen. Sind die Prioritätswerte der Soll-Bildpunkte kleiner, werden diese Punkte nicht berücksichtigt. Sind sie aber gleich den Werten im Prioritätsspeicher  $B$  oder größer als diese, werden die Merkmale der zugehörigen Bildpunkte für die Berechnung der Ähnlichkeitsmaße verwendet. Weiters werden diese höheren Prioritätswerte an den entsprechenden Stellen des Prioritätsspeichers  $B$  eingetragen. Die ermittelten Ähnlichkeitswerte werden für eine abschließende Beurteilung gespeichert. Der Vorgang wird nun für die Soll-Bildpunktmenge mit dem nächstfolgend niedrigeren Prioritätswert in analoger Weise wiederholt usw. bis hinunter zur Soll-Bildpunkt-Menge mit dem niedrigsten Prioritätswert. Zum Schluss beurteilt die Beurteilungseinheit  $K$  die Gesamtqualität des Druckes anhand der gesammelten Ähnlichkeitswerte.

Beispiel für die Qualitätsprüfung eines unvollständigen Musters

#### Aufgabenstellung

[0066] Ein zugeschnittenes Druckwerk, z.B. Geldschein, soll hinsichtlich Druckqualität überprüft werden. Der Druck wird vor dem Zuschneiden aufgebracht und ist größer als der auszuschneidende Teil. Durch Schnitttoleranz variiert der nach dem Schneiden sichtbare Druck. Trotzdem soll der gesamte ausgeschnittene Bereich, also auch die Randbereiche, bezüglich Druckqualität geprüft werden. Dies wird z.B. bei periodischen Hintergrundmustern, z.B. Wellenlinien, benötigt, wo aus großen bedruckten Bögen die benötigten Teile herausgeschnitten werden. Dabei wird aber meist nicht darauf geachtet, dass der Schnitt jeweils an der gleichen Stelle des periodischen Musters beginnt.

#### Erfindungsgemäße Vorgangsweise

[0067] Mit einer Probeaufnahme wird das noch nicht zugeschnittene Druckwerk aufgenommen. Aus diesem Bild wird eine Soll-Bildpunkt-Menge generiert. Dabei werden genügend Punkte ausgewählt, um auch maximale Schnitttoleranzen zu berücksichtigen. Als Merkmal wird der Grauwert verwendet. Als Toleranzwert wird ein für alle Soll-Punkte gleicher, empirischer Wert gewählt. Die Soll-Bildpunkt-Menge erhält den Prioritätswert 1. Weiters erfolgt eine Probeaufnahme eines bereits zugeschnittenen Druckwerks. Aus diesem wird eine Soll-Bildpunkt-Menge bestimmt, deren Soll-Bildpunkte keinen Merkmalswert besitzen, sondern nur Koordinaten. Diese Soll-Bildpunkt-Menge erhält die Priorität 2. Sie besteht aus allen Punkten der Probeaufnahme, die nicht zum zugeschnittenen Druckwerk gehören. Sie dient als Maske für den Hintergrund der Aufnahmen. Dieser wird als kontrastfärbig, insbesondere schwarz bzw. fast schwarz vorausgesetzt.

[0068] Die vom Aufnahmegerät kommenden Ist-Bilder werden der Reihe nach geprüft. Alle Prioritätswerte in dem Prioritätswertspeicher B werden bei jedem Bild zunächst mit 0 initialisiert. Dann wird die Position der Soll-Bildpunkt-Menge der Priorität 2 mit einem der oben beschriebenen Verfahren bestimmt. Für die daraus sich ergebende Koordinatentransformation werden die Prioritätswerte im Prioritätswertspeicher B an der Stelle der zu den Soll-Bildpunkten gehörigen Koordinaten der Ist-Bildpunkte auf 2 gesetzt. Die Berechnung eines Ähnlichkeitswertes ist bei diesem Schritt nicht erforderlich. Somit stehen im Prioritätswertspeicher die Werte 0 und 2. Nun wird die Lage bzw. Phase des Aufdrucks bestimmt. Hierzu kann wieder eines der oben beschriebenen Verfahren verwendet werden. Mit der dadurch gefundenen Koordinatentransformation wird das Ähnlichkeitsmaß für die eigentliche Qualitätsprüfung ermittelt. Hierfür wird die Soll-Bildpunktmenge mit der Priorität 1 herangezogen. Es werden genau jene Paare von Soll-

und Ist-Bildpunkten berücksichtigt, für die der Prioritätswert im Prioritätswertspeicher bei den Koordinaten der Ist-Bildpunkte kleiner oder gleich 1 ist. Als Ähnlichkeitsmaß dient die Summe der absoluten Differenzen zwischen den Merkmalen bzw. Grauwerten der Soll-Bildpunkte und der zugehörigen Ist-Bildpunkte jeweils vermindert um den zur Soll-Bildpunktmenge gehörigen Toleranzwert.

#### Beispiel Multikompressionsstufenprüfung

#### Aufgabenstellung

[0069] Kisten sollen anhand ihres Aufdrucks klassifiziert werden. Es soll eine Sortierung nach Hersteller erfolgen. Zu diesem Zweck wird ein System benötigt, das die Aufdrucke auf den Kisten jeweils einem von 1000 bekannten Aufdrucken und somit dem zugehörigen bekannten Hersteller richtig zuordnet. Das System soll bezüglich einer eventuellen Vergrößerung der Menge der bekannten Aufdrucke leicht erweiterbar sein.

#### Erfindungsgemäße Vorgangsweise:

[0070] Von jedem bekannten Aufdruck wird eine Probeaufnahme benötigt. Für jede dieser Probeaufnahmen wird eine Merkmalsextraktion durchgeführt, bei der für die Konstruktion des Merkmals (der Merkmale) die Intensitätswerte der Kanten verwendet werden. Weiters werden unter Einsatz von Gaußfiltern zwei aufeinanderfolgende Kompressionsstufen berechnet. Die Kompression erfolgt jeweils um den Faktor 2 in vertikaler und horizontaler Richtung. Mit einem Software-Programm wird aus der Probeaufnahme, den beiden Kompressionsstufen und dem Bild mit den Kanten-Intensitätswerten eine zum zugehörigen Aufdruck gehörige Soll-Bildpunkt-Menge ermittelt. Diese wählt Punkte aus den Vorlagen derart aus, dass der gesamte Aufdruck dabei erfasst wird, aber Doppelauswertungen aus Effizienzgründen vermieden werden. Die Erfassung des gesamten Aufdrucks ist wichtig, da bei eventuellen Erweiterungen der Menge der bekannten Aufdrucke möglicherweise sehr ähnliche Aufdrucke dazukommen. Würde man nur Teile überprüfen bestünde die Gefahr einer Verwechslung. In der Nähe von Kanten werden Punkte aus dem Bild mit den Kanten-Intensitätswerten ausgewählt. Für die anderen Stellen werden vorzugsweise Punkte aus der zweiten Kompressionsstufe verwendet. Nur wenn dies wegen der geringen Auflösung nicht möglich ist, werden Punkte aus der ersten Kompressionsstufe bzw. direkt aus der Probeaufnahme ausgewählt. Dadurch wird die Soll-Bildpunkt-Anzahl klein gehalten und trotzdem eine gute Flächendeckung erzielt. Die ausgewählten Soll-Bildpunkte aus den Kompressionsstufen erhalten entsprechend den Kompressionsfaktoren höhere Gewichte bei der Ermittlung der Ähnlichkeitswerte, da sie größere Bereiche abdecken.

[0071] Für jedes Ist-Bild werden die gleichen Kom-

pressionen und Merkmalsextraktionen durchgeführt, wie für die Probeaufnahme. Als Ähnlichkeitsmaß wird die Summe der quadrierten und gewichteten Abweichungen berechnet. Jene Soll-Bildpunkt-Menge, die dabei den kleinsten Wert liefert, ist das beste Ergebnis. Aus ihr kann auf den Hersteller geschlossen werden. Falls die Lage des Aufdrucks im Ist-Bild nicht genau bekannt ist, kann wieder eine der oben beschriebenen Positionsbestimmungen durchgeführt werden. Diese muss allerdings für jede Soll-Bildpunkt-Menge getrennt erfolgen. Es ist dabei ratsam, für diesen Zweck eigene, sehr kleine, Soll-Bildpunkt-Mengen zu verwenden, um die Dauer der Positionsbestimmung kurz zu halten.

Beispiel Nummernerkennung

Aufgabenstellung

[0072] Eine aufgedruckte 8-stellige Nummer soll erkannt und auf ihre Lesbarkeit (Druckqualität) überprüft werden. Für die Aufnahme wird eine Flächenkamera verwendet. Die Aufnahme ermittelt Grauwerte. Die Nummer hat immer genau 8 Stellen. Aus welchen Ziffern die Nummer besteht, soll aber festgestellt werden. Die Farbe der aufgedruckten Nummer ist immer dunkler als der Hintergrund. Der Hintergrund ist zwar weitgehend homogen, jedoch nicht unbedingt weiß sondern nur (hell)grau, so dass mit schwachem Kontrast gerechnet werden muss. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Nummer nicht bzw. vernachlässigbar wenig verdreht ist. Die Lage (Koordinaten) der gesamten Nummer ist nicht bekannt, sondern nur der erlaubte Druckbereich. Weiters ist mit kleinen Verschiebungen der Ziffern untereinander (Drucktoleranzen) zu rechnen. Für die 10 verschiedenen Ziffern wird immer der gleiche Font verwendet. Größenschwankungen sind vernachlässigbar klein. Die Auflösung ist zwar fix, aber gering.

Erfindungsgemäße Vorgangsweise:

[0073] Die Vorgangsweise wird in 3 Teile zerlegt:

- Bestimmungen der Lage der Gesamtnummer. Die Position der Gesamtnummer wird ermittelt, allerdings nur mit geringer Genauigkeit.
- Für jede der 8 Stellen in der Nummer wird festgestellt, welche Ziffer dort gedruckt ist. Durch die zuvor erfolgte Lagebestimmung der Gesamtnummer sind die ungefähren Positionen der Ziffern bereits bekannt. Die genaue Lagebestimmung der gedruckten Ziffern erfolgt aber erst in diesem Schritt.
- Die 8 erkannten Ziffern werden hinsichtlich ihrer Druckqualität überprüft. Dies erfolgt unter Zuhilfenahme der Ergebnisse aus dem vorigen Schritt. Die Ziffern und deren genaue Positionen sind daher schon bekannt.

Bestimmung der Lage der Gesamtnummer

[0074] Da eine grobe Lagebestimmung ausreicht, wird diese nicht im Ist-Bild, sondern in der ersten Kompressionsstufe durchgeführt. Diese entsteht aus dem Ist-Bild durch Bildung eines Gauß-gewichteten Mittelwerts in vertikaler und horizontaler Richtung und anschließender Reduktion um Faktor 2 ebenfalls in vertikaler und horizontaler Richtung.

[0075] Da noch nicht bekannt ist, aus welchen Ziffern die Gesamtnummer besteht, wird für die Soll-Bildpunkte ein künstliches Muster verwendet. Dieses besteht aus einem schwarzen Rechteck auf weißem Grund. Die Soll-Bildpunkte beschreiben dieses Muster. Das Rechteck hat die Ausmaße, die der Gesamtnummer in der ersten Kompressionsstufe entsprechen. Als Ähnlichkeitsmaß wird die Summe der quadratischen Abweichungen verwendet. Es werden alle Verschiebungs-Koordinatentransformationen untersucht, die jeweils einen Bildpunkt voneinander entfernt liegen und das schwarze Rechteck in der Kompressionsstufe so platzieren, dass es an eine erlaubte Position im Druckbereich für die Nummer zu liegen kommt. Es ist zu erwarten, dass der kleinste und damit beste Ähnlichkeitswert dann auftritt, wenn möglichst viele dunkle Bildpunkte, also Teile der aufgenommenen und komprimierten Nummer, auf das schwarze Rechteck treffen. Die Koordinatentransformation und damit die Position, bei der dies der Fall ist, wird als Zwischenergebnis gespeichert.

Erkennung der Ziffern und deren Lagebestimmung

[0076] Ausgehend von der im vorigen Schritt gefundenen Position der Gesamtnummer wird nun der Typ und die Lage der an erster Stelle liegenden Ziffer ermittelt. Wegen der geringen Auflösung und des schwachen Kontrasts ist dies eine schwierige Aufgabe. Als wesentliches Merkmal wird erfindungsgemäß zuerst durch geeignete Filter festgestellt, welche Bildpunkte zum Vordergrund, also zu den Ziffern und welche zum Hintergrund gehören. Bildpunkte die sich eindeutig dem Vordergrund zuordnen lassen bekommen dabei den Wert 0, während die Hintergrundbildpunkte den Wert 100 bekommen. Bildpunkte, die sich nicht eindeutig zuordnen lassen, bekommen Zwischenwerte. Mit dieser Merkmalsextraktion ist keine Kompression verbunden. Es ist bei diesem Vorgang sogar sinnvoll, die Auflösung künstlich zu vergrößern, indem Merkmalswerte durch Interpolation der Ist-Bildpunkte dazugewonnen werden.

[0077] Das so gewonnene Bild wird nun mit den 10 verschiedenen für die einzelnen Ziffern vorbereiteten Soll-Bildpunkt-Mengen mit jeweils z.B. 60 Soll-Bildpunkten verglichen. Die Punktmengen sind den Ziffern 0 bis 9 zugeordnet und so aufgebaut, dass sie diese gut beschreiben und voneinander unterscheiden können. Diese Punktmengen werden nun mit jenem Bereich der Gesamtnummer verglichen, wo die erste gedruckte Ziffer vermutet wird. Da die Lage der Gesamtnummer nur

ungefähr bekannt ist, erfolgt dieser Vergleich an mehreren Stellen. Als Koordinatentransformationen werden nur Verschiebungen untersucht, da Größenschwankungen und Verdrehungen per Voraussetzung nicht berücksichtigt werden müssen. Die Verschiebungen unterscheiden sich jeweils nur um die halbe Breite eines dieser Merkmalsextraktion entsprechenden Bildpunktes. Diese feine Überdeckung ist wichtig, um eine Fehlerkennung sicher zu vermeiden. Der Bereich, den die Verschiebungen abdecken, entspricht im wesentlichen der Genauigkeit, mit der zuvor die Gesamtnummer lokalisiert wurde. Es werden alle Kombinationen von Punktmengen und Verschiebungen gebildet. Für jede wird ein Ähnlichkeitswert berechnet. Als Ähnlichkeitsmaß wird die Summe der dritten Potenzen der absoluten Grauwertdifferenzen verwendet. Der kleinste Ähnlichkeitswert wird herausgesucht. Aus der zugehörigen Punktmenge ergibt sich, welche Ziffer abgedruckt ist. Aus der zugehörigen Koordinatentransformation bzw. Verschiebung ergibt sich die genaue Position der gedruckten Ziffer. Diese beiden Informationen werden als Zwischenergebnis gespeichert.

**[0078]** Der Vorgang wird nun im wesentlichen wiederholt. Allerdings erfolgen die Untersuchungen nun an jener Stelle in der Gesamtnummer, an der die zweite gedruckte Ziffer vermutet wird. Da die Position der ersten Ziffer bereits bekannt ist, wird diese Information benutzt, um die Position der zweiten gedruckten Ziffer besser abzuschätzen. Der Bereich den die zu untersuchenden Verschiebungen abdecken ist daher kleiner als bei der Untersuchung der ersten gedruckten Ziffer. Es müssen nur noch die Drucktoleranzen, also die möglichen kleinen Positionsschwankungen der gedruckten Ziffern zueinander, berücksichtigt werden. Das Ergebnis gibt an, welche Ziffer gedruckt ist und ihre genaue Position. Der Vorgang wird nun analog für die restlichen 6 gedruckten Ziffern wiederholt.

#### Beurteilung der Druckqualität

**[0079]** Durch die vorangegangenen Schritte ist bekannt, welche Ziffern die Nummer enthält und deren genaue Positionen. Zum Vergleich stehen wieder 10 vorbereitete Soll-Bildpunkt-Mengen für die Ziffern 0 bis 9 zur Verfügung. Im Unterschied zum vorhergehenden Schritt eignen sie sich nicht unbedingt zur besonders guten Unterscheidung der Ziffern untereinander, sondern wurden speziell für die Qualitätskontrolle zusammengestellt. Der Vergleich erfolgt mit dem Ist-Bild. Für die erste gedruckte Ziffer wird die entsprechende Punktmenge und die bereits bekannte Koordinatentransformation verwendet. Als Ähnlichkeitsmaß wird die normalisierte Kreuzkorrelation verwendet. Diese liefert einen Wert zwischen 0 und 1, der als Qualitätsmaß dient und abgespeichert wird. Je höher der Wert ist, desto höher ist die Ähnlichkeit und damit die Qualität. Der Vorgang wird analog für die restlichen 7 gedruckten Ziffern wiederholt.

#### Beispiel Erkennung von Gefahrenguttafeln auf LKWs

##### Aufgabenstellung

- [0080]** Die gelben Gefahrenguttafeln auf LKWs sollen erkannt werden. Eine elektronische Kamera soll den Straßenverkehr überwachen und feststellen, ob an einem Fahrzeug eine Tafel angebracht ist und wenn ja, welche. Es können auch mehrere Tafeln gleichzeitig im Bild sein.

##### Erfindungsgemäße Vorgangsweise

- [0081]** Die Lösung ist zweistufig, ähnlich wie bei der Nummernerkennung. In der ersten Stufe wird die mögliche Position der Tafeln erkannt. Hierbei werden Hypothesen über mögliche Positionen aufgestellt. In der zweiten Stufe werden alle hypothetischen Positionen überprüft, ob es sich um eine Tafel handelt und wenn ja, um welche.

**[0082]** Das Bild aus dem Straßenverkehr ist ein Farbbild. Folgende Merkmale werden daraus berechnet:

- **Farbmerkmal:** Der Gelbton (Intensität der Farbe Gelb) wird in typisch 2 bis 3 Gauß-gewichteten Kompressionsstufen ermittelt. Der Gelbton wird durch eine Gewichtung der Farbkomponenten (Rot, Grün und Blau) des Farbbildes errechnet.
- **Strukturmerkmale:** Lokale Bildfrequenzen werden durch eine DCT (diskrete Cosinustransformation) ermittelt. Diese Frequenzkomponenten werden durch verschiedene gewichtete Summen zu Strukturmerkmalen kombiniert. Die Art, wie diese Strukturmerkmalswerte aus den Frequenzkomponenten errechnet werden, wird durch ein vorbereitendes Programm und Probeaufnahmen von Gefahrenguttafeln in verschiedenen Lagen und Größen ermittelt.

- [0083]** Die erste Stufe besteht aus der Aufgabe, mögliche Positionen von Tafeln zu finden. Als Soll-Bildpunktmenge werden nur ganz wenige Punkte (z.B. 1 bis 4) vorbereitet, da die Tafeln in den komprimierten Merkmalen nur sehr kleine Ausmaße haben.

- [0084]** Im Transformationspeicher | werden nun alle möglicherweise vorkommenden Verschiebungen und gegebenenfalls Verdrehungen und/oder Vergrößerungen in grobem Raster vorbereitet.

- [0085]** Als Ähnlichkeitsmaß wird eine nach heuristischen Kriterien ermittelte Kombination der bereits erwähnten Farb- und Strukturmerkmale verwendet.

- [0086]** Es werden nun auf der höchsten Kompressionsstufe für alle Transformationen Ähnlichkeitswerte ermittelt. Wenn ein ermittelter Ähnlichkeitswert einen bestimmten, einstellbaren Schwellwert übersteigt, wird die zugehörige Transformation als eine mögliche Lagebestimmung einer Tafel angesehen.

- [0087]** Nachdem die grobe Lage bestimmt ist, wird

noch ein Verfeinerungsschritt für jede hypothetische Lage einer Tafel ähnlich den bereits beschriebenen mehrstufigen Lagebestimmungen durchgeführt. Zur verfeinerten Suche wird jedoch die Kompressionsstufe nicht gewechselt, sondern es werden andere Transformationen, die einem feineren Suchrastraster mit kleinerem Suchbereich entsprechen, und eine größere Anzahl von Punkten gewählt.

[0088] Für die Identifikation, ob es sich um eine Tafel handelt und wenn ja, um welche, wird analog zum Beispiel der Nummernerkennung verfahren. Falls sich trotz aller Bemühungen bei der abschließenden Qualitätsprüfung kein guter Ähnlichkeitswert ergibt, wird die betreffende Stelle als "Gefahrengrutafel nicht erkannt" bzw. als "Gefahrengrutafel nicht vorhanden" gewertet.

[0089] Es wird darauf hingewiesen, dass jedes der einzelnen, vorangehend beschriebenen Verfahren für sich eine erfindungsgemäße Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens darstellt, insbesondere in Hinblick auf die für den jeweiligen Prüfzweck getroffene Auswahl und Aufeinanderfolge der Transformationen, Berechnung der Ähnlichkeitsmaße, Kompressionen bzw. Merkmalsextraktionen und Auswahl der Soll-Bildpunkte.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Prüfung von Gegenständen, z.B. bezüglich Qualität, Identität oder Lage,

- wobei mit einem elektronenoptischen Aufnahmegerät, z.B. einer elektronischen Kamera oder einem Scanner, zumindest ein Ist-Bild des Gegenstandes aufgenommen wird und, gegebenenfalls nach Zwischenspeicherung der Bilddaten, ein Vergleich von Ist-Bildpunkten des Ist-Bildes oder eines Bildbereiches des Ist-Bildes mit Soll-Bildpunkten erfolgt,
- wobei eine Anzahl von Soll-Bildpunkten durch Vorgabe von Koordinaten (x, y, z) und Zuordnung zumindest eines charakteristischen, insbesondere durch Merkmalsart und Merkmalswert festgelegten Merkmales, wie z.B. Grau- oder Farbwerte, Intensitätswerte, Kontrastwerte, Kantenvektoren, Ortsfrequenzen, Helligkeitswechsel zwischen Bildpunkten oder statistischen Kennzahlen, definiert und abgespeichert wird,
- wobei die Koordinaten (x, y, z) der Soll-Bildpunkte zumindest einer nach einem vorgegebenen Kriterium aus einer Anzahl von Soll-Bildpunkt-Mengen ausgewählten Soll-Bildpunkt-Menge zumindest einer vorgegebenen oder ausgewählten Koordinatentransformation unterzogen werden,
- wobei für jede unterschiedliche Transformation und jede der eingesetzten Soll-Bildpunkt-Men-

gen zumindest ein aus einer Anzahl vorgegebener Ähnlichkeitsmaße ausgewähltes Ähnlichkeitsmaß zwischen den Merkmalen der Soll-Bildpunkte der ausgewählten Soll-Bildpunkt-Menge und den Merkmalen der Ist-Bildpunkte ermittelt wird, die an der(n) durch die transformierten Koordinaten (x, y, z) der Soll-Bildpunkte dieser Soll-Bildpunkt-Menge definierten Stelle(n) gelegen sind, und der (die) erhaltene(n) Ähnlichkeitswert(e) bewertet wird (werden),

- wobei, sofern ein vorgegebenes Abbruchkriterium erfüllt ist oder die ermittelten Ähnlichkeitswerte ein vorgegebenes Abbruchkriterium erfüllen, die Prüfung beendet wird, andernfalls die Prüfung fortgesetzt wird, und
  - für die Ermittlung der Ähnlichkeitswerte zumindest eine andere Transformation auf die Koordinaten (x, y, z) der Soll-Bildpunkte angewendet
  - und/oder zumindest ein anderes Ähnlichkeitsmaß gewählt,
  - und/oder zumindest eine andere Soll-Bildpunkt-Menge herangezogen,
  - und/oder zumindest ein anderes Ist-Bild oder ein anderer Bildbereich des Ist-Bildes gewählt wird bzw. werden, **dadurch gekennzeichnet,**
  - dass zumindest einer Anzahl, vorzugsweise allen, Soll-Bildpunkten jeweils ein Prioritätswert, z.B. eine Zahl, zugeordnet wird, und
  - dass ein Prioritätswertspeicher mit Bildpunkten bzw. Speicherplätzen erstellt wird, und die Bildpunkte bzw. Speicherplätze des Prioritätswertspeichers den Ist-Bildpunkten zugeordnet oder mit diesen korreliert bzw. die Bildpunkte bzw. Speicherplätze auf das Ist-Bild abgebildet werden,
  - dass der Prioritätswert eines Soll-Bildpunktes verglichen wird mit dem Prioritätswert des diesem Soll-Bildpunkt über die Transformation der Koordinaten (x,y,z) des Soll-Bildpunktes und die Zuordnung des Ist-Bildes zu den Speicherplätzen des Prioritätswertspeichers (B) zugeordneten Speicherplatzes in Prioritätswertspeicher (B), und
  - dass vorzugsweise allen vorhandenen, reduzierten und/oder extrahierten Datenmengen eines Ist-Bildpunktes ein und derselbe Speicherplatz des Prioritätswertspeichers zugeordnet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die die Koordinaten und/oder die Merkmale der Ist-Bildpunkte definierenden Datenmengen zumindest einer ausgewählten ein- oder

mehrstufigen Kompression und/oder zumindest einer Merkmalsextraktion unterzogen werden, und

- dass bei der Ermittlung des jeweiligen ausgewählten Ähnlichkeitsmaßes bzw. der Ähnlichkeitswerte auch die jeweils für die einzelnen Kompressionsstufen und/oder Extraktionen ermittelten reduzierten bzw. extrahierten Datenmengen von Ist-Bildpunkten herangezogen und den gegebenenfalls reduzierten und/oder extrahierten Datenmengen der jeweils zugeordneten Soll-Bildpunkte gegenübergestellt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 **dadurch gekennzeichnet,**

- dass bei Fortsetzung der Prüfung zumindest eine andere Kompressionsweise und/oder zumindest eine andere Kompressionsstufe für die Datenmenge zumindest eines Ist-Bildpunktes und/oder zumindest eine andere Merkmalsextraktion zumindest eines Ist-Bildpunktes herangezogen wird und/oder
- dass der beste erhaltene Ähnlichkeitswert sowie die diesem Ähnlichkeitswert zugrundeliegende Transformation sowie die diesem Ähnlichkeitswert zugrundeliegende Soll-Bildpunkt-Menge als Zwischenergebnis angesehen werden und in Abhängigkeit vom besten Ähnlichkeitsmaß und der besten Transformation eine andere Ist-Bildpunkt-Menge zumindest einer Kompression und/oder zumindest einer Merkmalsextraktion unterzogen wird und damit die Prüfung fortgesetzt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,**

- dass aufeinanderfolgende Kompressionen von Datenmengen von Ist-Bildpunkten in derselben Kompressionsweise vorgenommen werden und/oder
- dass bei jeder Kompression und/oder Extraktion die charakteristischen Merkmale weiterhin erkennbar und definiert bleiben.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Kompression von Datenmengen **dadurch** durchgeführt wird,

- dass aus einer Anzahl, vorzugsweise vier, benachbarter Ist-Bildpunkte ein Mittelwert der entsprechenden Bildpunktmerkmale und/oder Koordinaten berechnet wird oder
- dass eine gewichtete Summe, insbesondere eine Gaußgewichtung in vertikaler und/oder horizontaler Richtung unter Einsatz eines vor-

gegebenen Reduktionsfaktors, beispielsweise zwei oder Vielfache dieses Wertes für die Merkmale und/oder Koordinaten einer Anzahl zusammenhängender Ist-Bildpunkte errechnet wird, oder

- dass für eine Menge von benachbarten Ist-Bildpunkten ein Merkmal errechnet bzw. ermittelt wird, z.B. die Richtung und/oder die Länge von Kanten, oder
- dass eine diskrete Kosinustransformation der Ortsfrequenzen von Ist-Bildpunkten erfolgt oder
- dass eine Wavelet-Transformation erfolgt oder
- dass eine Bestimmung der Ausprägung und Vorzugsrichtung von Bild- bzw. Musterkanten durch Gabor-Filter erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Ermittlung des Ähnlichkeitsmaßes zwischen charakteristischen Merkmalen von Ist-Bildpunkten und Soll-Bildpunkten

- eine gegebenenfalls normierte Kreuzkorrelation der Merkmale, z.B. Farb- bzw. Grauwerte oder Intensitätswerte der Ist-Bildpunkte und Soll-Bildpunkte vorgenommen wird oder
- die Summe der absoluten Differenzen der Merkmale, vorzugsweise der Grau- oder Farbwerte, der jeweiligen Bildpunkte ermittelt wird, wobei diese Differenzen gegebenenfalls gewichtet und/oder potenziert werden,
- wobei gegebenenfalls vor der Ermittlung des Ähnlichkeitsmaßes durch Bildung der absoluten Differenzen von den jeweils berechneten Differenzwerten der Merkmale ein dem jeweiligen Merkmal des Soll-Bildpunktes zugeordneter Toleranzwert subtrahiert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** Soll-Bildpunkte mit demselben Prioritätswert und Merkmalen derselben Merkmalsart zu einer Soll-Bildpunkt-Menge zusammengefasst werden und/oder

- dass jeder Bildpunkt-Speicherplatz des Prioritätswertspeichers nach jeder Neuaufnahme eines Ist-Bildes mit einem vorgegebenen Prioritätswert initialisiert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, - dass** vor Ermittlung des Ähnlichkeitsmaßes ein Vergleich des Prioritätswertes des jeweiligen Soll-Bildpunktes und des Prioritätswertes des zugeordneten Bildpunktes des Prioritätswertspeichers erfolgt, welcher Bildpunkt über die jeweilige Transformation der Koordinaten des Soll-Bildpunktes und die Abbildung des Ist-Bildes

auf die Speicherplätze des Prioritätswertspeichers dem jeweiligen Soll-Bildpunkt zugeordnet ist und

- dass für den Fall, dass der Prioritätswert des Soll-Bildpunktes größer oder gleich dem Prioritätswert dieses Bildpunktes ist, die Merkmale dieses Soll-Bildpunktes und seines zugeordneten Ist-Bildpunktes bei Ermittlung des Ähnlichkeitsmaßes berücksichtigt werden und gegebenenfalls der Prioritätswert des Soll-Bildpunktes dem Bildpunkt des Prioritätswertspeichers zugeordnet bzw. auf diesen übertragen wird, und dass für den Fall, dass der Prioritätswert des Soll-Bildpunktes kleiner als der Prioritätswert des Bildpunktes ist, dieses Punktepaar bei Ermittlung des Ähnlichkeitsmaßes bzw. Errechnung des Ähnlichkeitswertes unberücksichtigt bleibt und/oder
  - dass die Anzahl der berücksichtigten und/oder nicht berücksichtigten Soll-Bildpunkte bzw. Punktepaare ermittelt und für die Bewertung des Prüfergebnisses bzw. für die Bewertung und allfällige Neuauswahl des Ähnlichkeitsmaßes herangezogen wird und/oder dass die Prioritätswerte von Ist-Bildpunkten, die von einer Prüfung ausgeschlossen werden sollen oder bei Berechnung des Ähnlichkeitsmaßes unberücksichtigt bleiben sollen, vorab auf einen Wert gesetzt werden, der den höchsten Prioritätswert eines Soll-Bildpunktes übersteigt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Soll-Bildpunkte nach empirischen Kriterien ermittelt oder vorgegeben und/oder durch Rechenoperationen ermittelt und/oder aus Soll-Bildern des zu prüfenden Gegenstandes abgeleitet werden und mit vollständiger und/oder reduzierter Datenmenge in einem Soll-Bildpunkt-Speicher, gegebenenfalls einzelnen Soll-Bildpunkt-Mengen zugeteilt, abgelegt werden.
10. Anordnung zur Prüfung von Gegenständen, umfassend ein **eine Auswertereinheit (30)** angeschlossenes elektronenoptisches Aufnahmegerät (A), insbesondere eine elektronische Kamera, z.B. Flächenkamera oder Zeilen- bzw. TDI-Kamera, zur Aufnahme zumindest eines Ist-Bildes des Gegenstandes, und zumindest einen Speicher (C) für die Datenmenge der Ist-Bildpunkte und einen Speicher (H) für die Datenmenge zumindest eines Soll-Bildpunktes, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
- wobei in dem Soll-Bildpunkt-Speicher (H) der Auswertereinheit (30) eine Anzahl von, gegebenenfalls zu einzelnen Soll-Bildpunkt-Mengen zusammengefaßten, Soll-Bildpunkten mit ihren Koordinaten und zugeordneten charakteristi-

schen Merkmalen, wie z.B. Grau- oder Farbwerten, Intensitätswerten, Kontrastwerten, Kantenvektoren, Ortsfrequenzen, Helligkeitswechsel zwischen Bildpunkten oder statistischen, Kennzahlen, enthalten ist,

- wobei die Auswertereinheit (30) eine Transformationseinheit (1) aufweist, mit der Koordinaten (x, y, z) von Soll-Bildpunkten zumindest einer, vorzugsweise einer Anzahl unterschiedlicher, auswählbarer Transformation(en) unterzogen werden,
- wobei die Auswertereinheit (30) eine Einheit (E) zur Bestimmung zumindest eines auswählbaren Ähnlichkeitsmaßes zwischen den Merkmalen zumindest eines Soll-Bildpunktes und den Merkmalen des jeweils zugeordneten Ist-Bildpunktes an der Stelle der transformierten Koordinaten (x', y', z') des Soll-Bildpunktes aufweist und
- wobei die Auswertereinheit (30) eine Beurteilungseinheit (K), insbesondere für die Erfüllung eines Abbruchkriteriums und/oder für die Beurteilung der(s) sich bei Bestimmung der(s) Ähnlichkeitsmaße(s) ergebenden Ähnlichkeitswerte(s) und/oder Transformationen und/oder Soll-Bildpunkt-Mengen, aufweist,

**dadurch gekennzeichnet**,

- dass die Auswertereinheit (30) einen Prioritätswertspeicher (B) aufweist, dessen Bildpunkte bzw. Speicherplätze den Ist-Bildpunkten in einer wählbaren bzw. festlegbaren Weise zugeordnet und gegebenenfalls für jedes aufgenommene Ist-Bild neu mit vorgegebenen Prioritätswerten initialisierbar sind und
- dass die Auswertereinheit (30) eine Vergleichseinheit (E') aufweist zum Vergleich des Prioritätswertes eines Soll-Bildpunktes mit dem Prioritätswert des diesem Soll-Bildpunkt über die Transformation der Koordinaten (x, y, z) des Soll-Bildpunktes und der Zuordnung des Ist-Bildes zu den Speicherplätzen des Prioritätswertspeichers (B) zugeordneten Speicherplatzes im Prioritätswertspeicher (B).

11. Anordnung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**,

- dass die Auswertereinheit (30) einen Ist-Bildspeicher (C) und eine Datenkompressions- bzw. Merkmalextraktionseinheit (F) aufweist, in der die für Ist-Bildpunkte des aufgenommenen Bildes erhaltenen Datenmengen betreffend Koordinaten und/oder charakteristische Merkmale zumindest einer ausgewählten ein- oder mehrstufigen Kompression und/oder zumindest einer Merkmalextraktion unterzogen wer-

den und die reduzierten und/oder extrahierten Datenmengen abgespeichert und zur Ermittlung von Ähnlichkeitsmaßen bereitgestellt sind.

12. Anordnung nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Datenkompressions- bzw. Merkmalsextraktionseinheit (F) ein Speicher (G) zugeordnet ist, in dem eine Anzahl unterschiedlicher, auswählbarer Kompressions- bzw. Extraktionsalgorithmen enthalten ist und/oder

- dass die Transformationseinheit (I) einen Speicher (J) für eine Anzahl von auswählbaren, unterschiedlichen Koordinatentransformationen und/oder eine Recheneinheit zur Berechnung von neuen Transformationen, vorzugsweise in Abhängigkeit von ermittelten Ähnlichkeitswerten, insbesondere in Abhängigkeit von jener Transformation, die zum besten Ähnlichkeitswert geführt hat, aufweist und/oder
- dass der Einheit (E) zur Bestimmung des Ähnlichkeitsmaßes ein Speicher (D) mit einer Anzahl von auswählbaren, unterschiedlichen Algorithmen zur Ermittlung von Ähnlichkeitsmaßen zwischen den Merkmalen der Soll-Bildpunkte und Ist-Bildpunkte zugeordnet ist und/oder
- dass die Datenmengen der einzelnen Soll-Bildpunkte im Soll-Bildpunkt-Speicher (H) für zumindest einen Soll-Bildpunkt zumindest einen diesem zugeordneten Prioritätswert umfassen;

13. Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 oder einer erfindungsgemäßen Anordnung nach einem der Ansprüche 10 bis 12 für die Prüfung von Briefmarken, z.B. bezüglich Qualität, Perforation, Banknoten, z.B. bezüglich Kinegram, Ziffern bzw. Werten, gedruckten Mustern bzw. Abbildungen Etiketten, Ausweisen, Chipkarten, Wertkarten, Aufdrucken, Barcodes, Wafern für die Halbleiterproduktion, elektronischen Leiterplatten, Medikamentenschachteln bzw. -behältern, Schriften bzw. Schriftbildern, Bildern, Holzstrukturen, Artefakten, Nummertafeln, Fahrzeugen, Behältern, Gepäckstücken oder von durch optische Aufnahme ermittelten Bildern, z.B. Videobildern.

#### Claims

1. A process for examining objects, for example with respect to quality, identity or location,
- wherein with an electron-optical recording instrument, for example an electronic camera or a scanner, at least one actual image of the object is recorded and, optionally after temporary

storage of the image data, a comparison of actual image points of the actual image or of an image region of the actual image with nominal image points is undertaken,

- wherein a number of nominal image points are defined and temporarily stored by presetting of coordinates (x, y, z) and assignment of at least one characteristic feature, established in particular by feature type and feature value, such as, for example, grey-scale or colour values, intensity values, contrast values, edge vectors, spatial frequencies, changes of brightness between image points or statistical characteristics,
- wherein the coordinates (x, y, z) of the nominal image points of at least one set of nominal image points, selected in accordance with a predetermined criterion from a number of sets of nominal image points, are subjected to at least one predetermined or selected coordinate transformation,
- wherein for each different transformation and each of the sets of nominal image points employed at least one measure of similarity, selected from a number of predetermined measures of similarity, between the features of the nominal image points of the selected set of nominal image points and the features of the actual image points that are situated at the place(s) defined by the transformed coordinates (x', y', z') of the nominal image points of this set of nominal image points is ascertained, and the similarity value(s) is (are) evaluated,
- wherein, to the extent that a predetermined termination criterion is satisfied or the ascertained similarity values satisfy a predetermined termination criterion, the examination is concluded, otherwise the examination is continued, and
- for the ascertainment of the similarity values at least one other transformation is applied to the coordinates (x, y, z) of the nominal image points
  - and/or at least one other measure of similarity is chosen,
  - and/or at least one other set of nominal image points is drawn upon,
  - and/or at least one other actual image or one other image region of the actual image is/are chosen, **characterised**

- in that a priority value, for example a numerical value, is assigned in each instance to at least a number of nominal image points, preferably to all nominal image points, and
- in that a priority-value memory is created with image points or memory locations, and the image points or memory locations of the priority-value memory are assigned to the actual image



points or are correlated with the latter or the image points or memory locations are mapped onto the actual image,

- **in that** the priority value of a nominal image point is compared with the priority value of the memory location in the priority-value memory (B) assigned to this nominal image point via the transformation of the coordinates (x, y, z) of the nominal image point and the assignment of the actual image to the memory locations of the priority-value memory (B), and
  - **in that** one and the same memory location of the priority-value memory is assigned preferably to all the available, reduced and/or extracted data sets of an actual image point.
2. Process according to Claim 1, **characterised in that** the data sets defining the coordinates and/or the features of the actual image points are subjected to at least one selected one-stage or multi-stage compression and/or at least one extraction of features, and
- **in that** in the course of the ascertainment of the respective selected measure of similarity or of the similarity values the reduced or extracted data sets of actual image points ascertained in each instance for the individual compression stages and/or extractions are also drawn upon and are compared to the optionally reduced and/or extracted data sets of the respectively assigned nominal image points.
3. Process according to Claim 1 or 2, **characterised**
- **in that** in the case of continuation of the examination at least one other compression mode and/or at least one other compression stage for the data set of at least one actual image point and/or at least one other extraction of features of at least one actual image point is drawn upon and/or
  - **in that** the best similarity value obtained and also the transformation underlying this similarity value as well as the set of nominal image points underlying this similarity value are regarded as an interim result and, depending on the best measure of similarity and the best transformation, another set of actual image points is subjected to at least one compression and/or at least one extraction of features and hence the examination is continued.
4. Process according to one of Claims 1 to 3, **characterised**
- **in that** successive compressions of data sets of actual image points are performed in the
- same compression mode and/or
- **in that** in the course of each compression and/or extraction the characteristic features still remain recognisable and defined.
5. Process according to one of Claims 1 to 4, **characterised in that** a compression of data sets is carried out
- by a mean value of the corresponding image-point features and/or coordinates being computed from a number of - preferably four - adjacent actual image points or
  - by a weighted sum, in particular a Gaussian weighting in the vertical and/or horizontal direction, being calculated using a predetermined reduction factor, for example two, or multiples of this value, for the features and/or coordinates of a number of contiguous actual image points, or
  - by a feature, for example the direction and/or the length of edges, being calculated or ascertained for a set of adjacent actual image points, or
  - by a discrete cosine transformation of the spatial frequencies of actual image points being effected or
  - by a wavelet transformation being effected or
  - by a determination of the distinctness of character and preferential direction of image edges or pattern edges being effected by means of Gabor filters.
6. Process according to one of Claims 1 to 5, **characterised in that** for the purpose of ascertaining the measure of similarity between characteristic features of actual image points and nominal image points
- an optionally normalised cross-correlation of the features, for example colour or grey-scale values or intensity values, of the actual image points and nominal image points is performed or
  - the sum of the absolute differences of the features, preferably of the grey-scale or colour values, of the respective image points is ascertained, these differences being optionally weighted and/or exponentiated,
  - wherein optionally prior to the ascertainment of the measure of similarity by creation of the absolute differences from the respectively computed difference values of the features a tolerance value assigned to the respective feature of the nominal image point is subtracted.
7. Process according to one of Claims 1 to 6, **characterised**

- in that nominal image points with the same priority value and with features of the same feature type are combined into a set of nominal image points and/or
  - in that each image-point memory location of the priority-value memory is initialised with a predetermined priority value after each re-recording of an actual image.
8. Process according to one of Claims 1 to 7, **characterised**
- in that prior to ascertaining the measure of similarity a comparison of the priority value of the respective nominal image point and of the priority value of the assigned image point of the priority-value memory is undertaken, said image point being assigned to the respective nominal image point via the respective transformation of the coordinates of the nominal image point and the mapping of the actual image onto the memory locations of the priority-value memory and
  - in that for the case where the priority value of the nominal image point is greater than or equal to the priority value of this image point the features of this nominal image point and of its assigned actual image point are taken into account when ascertaining the measure of similarity, and optionally the priority value of the nominal image point is assigned to the image point of the priority-value memory or is transmitted to the latter, and in that for the case where the priority value of the nominal image point is less than the priority value of the image point this pair of points is left out of account when ascertaining the measure of similarity or calculating the similarity value and/or
  - in that the number of nominal image points or pairs of points taken into account and/or not taken into account is ascertained and is drawn upon for the evaluation of the result of the examination or for the evaluation and contingent reselection of the measure of similarity and/or in that the priority values of actual image points that are to be excluded from an examination or that are to be left out of account when computing the measure of similarity are set in advance to a value that exceeds the highest priority value of a nominal image point.
9. Process according to one of Claims 1 to 8, **characterised in that** the nominal image points are ascertained or predetermined in accordance with empirical criteria and/or are ascertained by arithmetic operations and/or derived from nominal images of the object to be examined and are saved, with complete and/or reduced data set, in a nominal-image-point memory, optionally allocated to individual sets of nominal image points.
10. An arrangement for examining objects, comprising an electron-optical recording instrument (A) - in particular an electronic camera, for example an area-scan camera or line-scan camera or TDI camera - linked to an evaluating unit (30), for recording at least one actual image of the object, and at least one memory (C) for the data set of the actual image points and a memory (H) for the data set of at least one nominal image point, for implementing the process according to one of Claims 1 to 9,
- wherein a number of nominal image points, optionally combined into individual sets of nominal image points, with their coordinates and assigned characteristic features, such as, for example, grey-scale or colour values, intensity values, contrast values, edge vectors, spatial frequencies, changes of brightness between image points or statistical characteristics, are contained in the nominal-image-point memory (H) of the evaluating unit (30),
  - wherein the evaluating unit (30) exhibits a transformation unit (I) with which coordinates (x, y, z) of nominal image points are subjected to at least one selectable transformation, preferably to a number of different selectable transformations,
  - wherein the evaluating unit (30) exhibits a unit (E) for determining at least one selectable measure of similarity between the features of at least one nominal image point and the features of the respectively assigned actual image point at the place of the transformed coordinates (x', y', z') of the nominal image point and wherein the evaluating unit (30) exhibits an assessment unit (K), in particular for the fulfilment of a termination criterion and/or for the assessment of the similarity value(s) arising when determining the measure(s) of similarity and/or transformations and/or sets of nominal image points,
- characterised**
- in that the evaluating unit (30) exhibits a priority-value memory (B), the image points or memory locations of which are assigned to the actual image points in a selectable or definable manner and are optionally capable of being re-initialised with predetermined priority values for each recorded actual image and
  - in that the evaluating unit (30) exhibits a comparison unit (E) for comparison of the priority value of a nominal image point with the priority value of the memory location in the priority-value

ue memory (B) assigned to this nominal image point via the transformation of the coordinates (x, y, z) of the nominal image point and the assignment of the actual image to the memory locations of the priority-value memory (B).

5

#### 11. Arrangement according to Claim 10, characterized

- in that the evaluating unit (30) exhibits an actual-image memory (C) and a data-compression and feature-extraction unit (F) in which the data sets obtained for actual image points of the recorded image, relating to coordinates and/or characteristic features, are subjected to at least one selected one-stage or multi-stage compression and/or to at least one extraction of features, and the reduced and/or extracted data sets are stored and made available for the purpose of ascertaining measures of similarity.

#### 12. Arrangement according to Claim 10 or 11, characterized

in that a memory (G) in which a number of different, selectable compression or extraction algorithms are contained is assigned to the data-compression and feature-extraction unit (F) and/or

25

- in that the transformation unit (I) exhibits a memory (J) for a number of selectable, different coordinate transformations and/or an arithmetic unit for computing new transformations, preferably depending on ascertained similarity values, in particular depending on that transformation which has resulted in the best similarity value and or

30

- in that a memory (D) with a number of selectable, different algorithms for ascertaining measures of similarity between the features of the nominal image points and actual image points is assigned to the unit (E) for determining the measure of similarity and/or

35

- in that the data sets of the individual nominal image points in the nominal-image-point memory (H) for at least one nominal image point comprise at least one priority value assigned to said nominal image point.

45

#### 13. Use of the process according to the invention as set forth in one of Claims 1 to 9, or of an arrangement according to the invention as set forth in one of Claims 10 to 12, for the examination of postage stamps, for example with respect to quality, perforation; banknotes, for example with respect to Kinegram, numerals or values; printed patterns or illustrations, labels, identity cards, chip cards, prepayment cards, imprints, barcodes, wafers for the production of semiconductors, electronic printed circuit boards, medicament boxes or medicament contain-

50

55

ers, documents or document images, images, wooden structures, artefacts, registration plates, vehicles, containers, luggage items, or of images ascertained by optical recording, for example video images.

#### Revendications

1. Procédé de contrôle d'objets, par exemple de leur qualité, de leur identité ou de leur position,

15

- dans lequel on enregistre au moyen d'un appareil d'enregistrement électro-optique, par exemple une caméra électronique ou un scanner, au moins une image réelle de l'objet et, le cas échéant après un stockage intermédiaire des données d'images, on effectue une comparaison de pixels de l'image réelle ou d'une zone de l'image réelle avec des pixels théoriques,

20

- dans lequel on définit et on mémorise un nombre de pixels théoriques en prédéfinissant des coordonnées (x, y, z) et en affectant au moins un attribut caractéristique, défini notamment par un type d'attribut et une valeur d'attribut, par exemple des valeurs de gris ou de couleurs, des valeurs d'intensité, des valeurs de contraste, des vecteurs d'arête, des fréquences de lieux, des variations de luminosité entre pixels ou des paramètres statistiques,

30

- dans lequel on soumet les coordonnées (x, y, z) des pixels théoriques d'au moins un ensemble de pixels théoriques sélectionné selon un critère prédéterminé à partir d'un nombre d'ensembles de pixels théoriques à au moins une transformation de coordonnées prédéterminée ou sélectionnée,

35

- dans lequel, pour chaque transformation différente et pour chaque ensemble de pixels théoriques utilisé, on détermine au moins un degré de similitude choisi parmi un nombre de degrés de similitude prédéterminés entre les attributs des pixels théoriques de l'ensemble de pixels théoriques choisis et les attributs des pixels réels qui sont placés à ou aux endroits définis par les coordonnées transformées (x', y', z') des pixels théoriques de cet ensemble de pixels théoriques et on évalue la ou les valeurs de similitude obtenues,

40

- dans lequel, dès lors qu'un critère d'interruption prédéterminé est satisfait ou bien que les valeurs de similitude déterminées satisfont un critère d'interruption prédéterminé, on met fin au contrôle, dans le cas contraire on poursuit le contrôle, et

55

- pour déterminer les valeurs de similitude, on utilise au moins une autre transformation sur

- les coordonnées (x, y, z) des pixels théoriques et/ou on choisit au moins un autre degré de similitude
- et/ou on utilise au moins un autre ensemble de pixels théoriques
- et/ou on choisit au moins une autre image réelle ou une autre zone de l'image réelle, **caractérisé en ce que**
- on affecte respectivement à au moins un nombre, de préférence à la totalité, des pixels théoriques une valeur de priorité, par exemple un chiffre, et
- on crée une mémoire de priorité avec des pixels ou des emplacements de stockage et on affecte les pixels ou les emplacements de stockage de la mémoire de priorité aux pixels réels ou on les corrèle avec ceux-ci ou bien on reproduit les pixels ou les emplacements de stockage sur l'image réelle,
- on compare la valeur de priorité d'un pixel théorique avec la valeur de priorité de l'emplacement de stockage affecté dans la mémoire de valeurs de priorité (B) à ce pixel théorique par la transformation des coordonnées (x, y, z) du pixel théorique et l'affectation de l'image réelle aux emplacements de stockage de la mémoire de valeurs de priorité (B) et, de préférence, on affecte à tous les ensembles de données réduits et/ou extraits existants pour un pixel réel un seul et même emplacement de stockage dans la mémoire de valeurs de priorité.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**
- on soumet les ensembles de données définissant les coordonnées et/ou les attributs des pixels réels à au moins une compression en une seule ou à plusieurs étapes sélectionnée et/ou à au moins une extraction d'attributs, et lors de la détermination du degré de similitude respectif choisi ou des valeurs de similitude, on utilise aussi les ensembles de données réduits et/ou extraits, établis pour les différentes étapes de compression et/ou extractions, des pixels réels et on les confronte avec les ensembles de données le cas échéant réduits et/ou extraits des pixels théoriques respectifs affectés.
3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce que**
- en cas de poursuite du contrôle, on utilise au moins un autre mode de compression et/ou au moins une autre étape de compression pour l'ensemble de données d'au moins un pixel réel et/ou au moins une autre extraction d'attributs
- d'au moins un pixel réel, et/ou
- on considère la meilleure valeur de similitude obtenue ainsi que la transformation à la base de cette valeur de similitude ainsi que l'ensemble de pixels théoriques à la base de cette valeur de similitude comme un résultat intermédiaire et, en fonction du meilleur degré de similitude et de la meilleure transformation, on soumet un autre ensemble de pixels réels à au moins une compression et/ou à au moins une extraction d'attributs et donc on poursuit le contrôle.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que**
- on effectue des compressions successives d'ensembles de données de pixels réels selon le même mode de compression et/ou
- les attributs caractéristiques restent décelables et définis lors de chaque compression et/ou extraction.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'on effectue une compression d'ensembles de données
- en calculant à partir d'un nombre de pixels réels voisins, de préférence quatre, une moyenne des attributs et/ou coordonnées de pixels correspondants, ou
- en calculant une somme pondérée, en particulier une pondération gaussienne dans le sens vertical et/ou horizontal, en utilisant un coefficient de réduction prédéfini, par exemple deux ou un multiple de cette valeur pour les attributs et/ou coordonnées d'un nombre de pixels réels contigus, ou
- en calculant ou déterminant pour un ensemble de pixels réels voisin un attribut, par exemple la direction et/ou la longueur d'arêtes, ou
- en effectuant une transformation cosinus discrète des fréquences de lieux de pixels réels, ou
- en effectuant une transformation par ondelettes, ou
- en déterminant la catégorie et la direction préférentielle d'arêtes d'image ou de trame au moyen d'un filtre de Gabor.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que**, pour déterminer le degré de similitude entre des attributs caractéristiques de pixels réels et de pixels théoriques,
- on effectue une corrélation croisée, le cas échéant normée, des attributs, par exemple des valeurs de couleurs ou de gris ou des va-

leurs d'intensité des pixels réels et des pixels théoriques, ou

- on détermine la somme des différences absolues des attributs, de préférence des valeurs de gris ou de couleurs, des différents pixels, ces différences étant le cas échéant pondérées et/ou élevées à une puissance plus haute,
- le cas échéant, avant de déterminer le degré de similitude en formant les différences absolues des différences calculées pour chaque attribut, on soustrait une valeur de tolérance affectée à chaque attribut du pixel théorique.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que**

- on regroupe des pixels théoriques ayant la même valeur de priorité et des attributs de la même classe d'attributs en un ensemble de pixels théoriques, et/ou
- on initialise chaque emplacement de stockage de pixel de la mémoire de valeurs de priorité après chaque nouvel enregistrement d'une image réelle avec une valeur de priorité prédéfinie.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que**

- avant de déterminer le degré de similitude, on effectue une comparaison de la valeur de priorité de chaque pixel théorique et de la valeur de priorité du pixel affecté dans la mémoire de valeurs de priorités et, par la transformation respective des coordonnées du pixel théorique et la reproduction de l'image réelle sur les emplacements de stockage de la mémoire de valeurs de priorités, on affecte ce pixel à chaque pixel théorique, et
- dans le cas où la valeur de priorité du pixel théorique est supérieure ou égale à la valeur de priorité de ce pixel, on tient compte des attributs de ce pixel théorique et du pixel réel qui lui est affecté lors de la détermination du degré de similitude et, le cas échéant, on affecte la valeur de priorité du pixel théorique au pixel de la mémoire de valeurs de priorité ou on la transfère dans celle-ci et, dans le cas où la valeur de priorité du pixel théorique est inférieure à la valeur de priorité du pixel, on ne tient pas compte de cette paire de pixels dans la détermination du degré de similitude ou dans le calcul de la valeur de similitude, et/ou
- on détermine le nombre des pixels théoriques ou paires de pixels pris en compte et/ou non pris en compte et on l'utilise pour évaluer le résultat du contrôle ou pour évaluer et éventuellement sélectionner à nouveau le degré de si-

militude et/ou on fixe au préalable les valeurs de priorité de pixels réels qui doivent être exclus d'un contrôle ou qui ne doivent pas être pris en compte dans le calcul du degré de similitude à une valeur supérieure à la valeur de priorité la plus élevée d'un pixel théorique.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** l'on détermine ou prédéfinit les pixels théoriques selon des critères empiriques et/ou on les détermine par des opérations de calcul et/ou on les dérive d'images théoriques de l'objet à contrôler et on les mémorise avec un ensemble de données complet et/ou réduit dans une mémoire de pixels théoriques, le cas échéant en les affectant à des ensembles individuels de pixels théoriques.

10. Dispositif de contrôle d'objets, comprenant un appareil d'enregistrement électro-optique (A), notamment une caméra électronique, par exemple une caméra zonale ou une caméra ligne à ligne ou TDI, relié à un module de traitement (30), pour enregistrer au moins une image réelle de l'objet, et au moins une mémoire (C) pour l'ensemble de données des pixels réels et une mémoire (H) pour l'ensemble de données d'au moins un pixel théorique, pour réaliser le procédé selon l'une des revendications 1 à 9,

- dans lequel la mémoire de pixels théoriques (H) du module de traitement (30) contient un nombre de pixels théoriques, le cas échéant regroupés dans des ensembles individuels de pixels théoriques, avec leurs coordonnées et des attributs caractéristiques qui leur sont affectés, par exemple des valeurs de gris ou de couleurs, des valeurs d'intensité, des valeurs de contrastes, des vecteurs d'arête, des fréquences de lieux, des variations de luminosité entre pixels ou des paramètres statistiques,
- dans lequel le module de traitement (30) présente un module de transformation (I) au moyen duquel les coordonnées (x, y, z) de pixels théoriques sont soumises à au moins une, de préférence à un certain nombre de transformations différentes sélectionnables,
- dans lequel le module de traitement (30) présente un module (E) pour déterminer au moins un degré de similitude sélectionnable entre les attributs d'au moins un pixel théorique et les attributs du pixel réel qui lui est affecté à l'endroit des coordonnées transformées (x', y', z') du pixel théorique, et
- dans lequel le module de traitement (30) présente un module d'évaluation (K), notamment pour satisfaire un critère d'interruption et/ou pour évaluer la ou les valeurs de similitude résultant de la détermination du ou des degrés

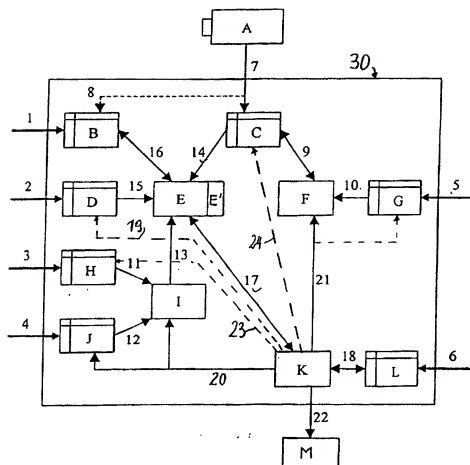
de similitude et/ou les transformations et/ou les ensembles de pixels théoriques,

**caractérisé en ce que**

- le module de traitement (30) présente une mémoire de valeurs de priorité (B) dont les pixels ou les emplacements de stockage sont affectés aux pixels réels de manière sélectionnable ou définissable et qui peut le cas échéant être réinitialisée pour chaque image réelle enregistrée avec des valeurs de priorité prédéfinies, et
  - le module de traitement (30) présente un module de comparaison (E') pour comparer la valeur de priorité d'un pixel théorique avec la valeur de priorité de l'emplacement de stockage affecté dans la mémoire de valeurs de priorité (B) à ce pixel théorique par la transformation des coordonnées (x, y, z) du pixel théorique et l'affectation de l'image réelle aux emplacements de stockage de la mémoire de valeurs de priorité (B).
11. Dispositif selon la revendication 10, **caractérisé en ce que**
- le module de traitement (30) présente une mémoire d'images réelles (C) et un module de compression de données ou d'extraction d'attributs (F) dans lequel les ensembles de données obtenus pour des pixels réels de l'image enregistrée sont soumis en ce qui concerne les coordonnées et/ou des attributs caractéristiques à au moins une compression en une ou plusieurs étapes sélectionnée et/ou à au moins une extraction d'attributs et les ensembles de données réduits et/ou extraits sont stockés en mémoire et tenus à disposition pour la détermination des degrés de similitude.
12. Dispositif selon la revendication 10 ou la revendication 11, **caractérisé en ce que**
- il est affecté au module de compression de données ou d'extraction d'attributs (F) une mémoire (G) contenant un nombre d'algorithmes de compression ou extraction différents sélectionnables, et/ou
  - le module de transformation (I) présente une mémoire (J) pour un nombre de transformations de coordonnées différentes sélectionnables et/ou un module de calcul pour calculer de nouvelles transformations, de préférence en fonction de valeurs de similitude déterminées, en particulier en fonction de la transformation qui a donné la meilleure valeur de similitude, et/ou
  - il est affecté au module (E) pour déterminer le

degré de similitude une mémoire (D) avec un nombre d'algorithmes différents sélectionnables pour déterminer des degrés de similitude entre les attributs des pixels théoriques et des pixels réels, et/ou

- les ensembles de données des différents pixels théoriques dans la mémoire de pixels théoriques (H) comprennent, pour au moins un pixel théorique, au moins une valeur de priorité allouée à ce dernier.
13. Utilisation du procédé de l'invention selon l'une des revendications 1 à 9 ou d'un dispositif de l'invention selon l'une des revendications 10 à 12 pour contrôler des timbres postes, par exemple leur qualité, leur perforation, des billets de banques, par exemple leurs hologrammes, leurs chiffres ou leurs valeurs, des motifs imprimés ou des illustrations, des étiquettes, des cartes d'identité, des cartes à puce, des cartes bancaires, des impressions en surcharge, des codes à barres, des tranches pour la fabrication de semi-conducteurs, des circuits imprimés électroniques, des boîtes ou des emballages de médicaments, des textes ou des graphismes, des images, des structures en bois, des objets artisanaux, des tableaux de chiffres, des véhicules, des récipients, des bagages ou des images obtenues par enregistrement optique, par exemple des images vidéo.



E14

OA80-01  
PR

OPTICS - PATENTS

23/09/09

07:34:52

PAGE: 1

RENEWAL DETAILS

PUBLICATION NUMBER

EP1113393

PROPRIETOR(S)

ARC Seibersdorf research GmbH, Kramergasse 1, 1010 Wien, Austria

DATE FILED

22.12.2000

DATE GRANTED

02.11.2005

DATE NEXT RENEWAL DUE

02.02.2006

DATE NOT IN FORCE

02.02.2006

DATE OF LAST RENEWAL

YEAR OF LAST RENEWAL

00

STATUS

CEASED

\*\*\*\* END OF REPORT \*\*\*\*



REGISTER ENTRY FOR EP1113393

European Application No EP00890384.1 filing date 22.12.2000

Application in German

Priority claimed:

29.12.1999 in Austria - doc: 220599

Designated States AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR

Title OBJECT INSPECTION PROCESS AND ARRANGEMENT

Applicant/Proprietor

ARC SEIBERSDORF RESEARCH GMBH, Kramergasse 1, 1010 Wien, Austria

[ADP No. 72024078001]

Inventors

DR. HARALD PENZ, Pohlsgasse 21/7, 1120 Wien, Austria [ADP No. 72024086001]

VRABL, ANDREAS, DIPL.-ING., Hentzigasse 13/8, 1100 Wien, Austria

[ADP No. 72024094001]

DR. WERNER KRATTENTHALER, Erlaufstrasse 36/4, 2344 Maria Enzersdorf,  
Austria

[ADP No. 72024102001]

DIPL.-ING. KONRAD MAYER, Baumgartnerstrasse 44/C4/03/02, 1230 Wien,  
Austria

[ADP No. 72024110001]

Classified to

G06T

Address for Service

ARC SEIBERSDORF RESEARCH GMBH, Kramergasse 1, 1010 Wien, Austria

[ADP No. 72024078001]

EPO Representative

HELMUT WILDHACK, Patentanwälte, Helmut Wildhack Dipl.-Ing. Dr., Gerhard  
Jellink Dipl.-Ing. Dr., Landstrasser Hauptstrasse 50, 1030 Wien, Austria

[ADP No. 62879614001]

Publication No EP1113393 dated 04.07.2001 and published/granted by EPO  
02.11.2005.

Publication in German

Examination requested 10.07.2004

Patent Granted with effect from 02.11.2005 (Section 25(1)) with title OBJECT  
INSPECTION PROCESS AND ARRANGEMENT. Translation filed 09.01.2006

---

29.09.2005 EPO: Search report published on 28.01.2004

Entry Type 25.11 Staff ID. RD06 Auth ID. EPT

- 23.01.2006 Notification of change of Address For Service name and address of  
ARC SEIBERSDORF RESEARCH GMBH, Kramergasse 1, 1010 Wien, Austria  
[ADP No. 72024078001]  
to  
HASELTINE LAKE & CO, Imperial House, 15-19 Kingsway, LONDON, WC2B  
6UD, United Kingdom [ADP No. 00000034001]  
dated 09.01.2006. Written notification filed on EP1113393  
Entry Type 7.1 Staff ID. SG2 Auth ID. A3
- 01.02.2006 Patent Granted with effect from 02.11.2005 (Section 25(1)) with  
title OBJECT INSPECTION PROCESS AND ARRANGEMENT. Translation filed  
09.01.2006  
Entry Type 2.2 Staff ID. SG2 Auth ID. F54
- 03.10.2006 Patent ceased on 02.02.2006  
Entry Type 12.1 Staff ID. RM86 Auth ID. RM86

\*\*\*\* END OF REGISTER ENTRY \*\*\*\*

The invention relates to a process according to the precharacterising portion of Claim 1. The invention relates furthermore to an arrangement according to the precharacterising portion of Claim 10. The invention  
5 relates furthermore to a use of the process according to the invention and to a use of the arrangement according to the invention.

A process and an arrangement of the type mentioned in  
10 the introduction are known from KRATTENTHALER W ET AL: "Point correlation: a reduced-cost template matching technique" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING (ICIP) AUSTIN, NOV. 13-16 1994, LOS  
ALAMITOS, IEEE COMP. SOC. PRESS, US, Vol. 3 CONF. 1, 13  
15 November 1994 (1994-11-13), pages 208-212, XP010145956 ISBN: 0-8186-6952-7.

The invention is intended to provide a process and an arrangement that serve for the automatic examination of  
20 objects, the objects being recorded with an electron-optical recording instrument, in particular in order to establish whether the surface of the objects satisfies certain criteria. To this end, actual image points of the actual images of the objects are compared with  
25 predetermined nominal image points, whereby, however, the orientation or location of the object is to be of no importance. An identification of objects is also to become possible, or a check is to be possible as regards whether tolerable deviations from a predetermined  
30 nominal image of the object are exceeded or fallen short of. For an establishment of the identity of the object, a maximal similarity between the image of the object and one or more different possible visual appearances of the object is to be capable of being established.

With known processes, firstly the location of the object is established, and after that a check of the recorded image is carried out, taking account of the location that has been found. In the course of the detection of a location, a search is made for certain image features, e.g. for borders, edges or characteristic patterns, the so-called control points. In the case of high accuracy requirements, however, problems arise. The positional parameters that have been found are accurate only where the location of the object has been surveyed accurately, i.e. in the neighbourhood of a control point. Due to various causes, however, when the concordance of control points has been established in one region of the object it may be the case that this concordance does not have to obtain in another region of the object. If the concordance of the control points which has been ascertained from one region of the object does not hold for another region of the object, this results in a presumed detection of errors or in a misinterpretation of the contents of the image.

In the case of recording with a line-scan camera, the object may exhibit a slippage in relation to the transport mechanism. This may result in rotations and distortions within the recorded image. This occurs, for example, if individual banknotes to be examined are moved rapidly by a belt conveyor for the recording by means of a line-scan camera. Local distortions of the recording may also occur as a result of unsteady guidance of objects, for example of sheets of paper by reason of the fluttering of a sheet of paper, said distortions resulting in varying perspective imaging ratios within an image recording.

Furthermore, the material that the object to be examined consists of may be subjected to varying expansion processes or warpages, so that positional deviations occur locally. This applies, in particular, to paper and other soft and extensible materials; but this also applies to very finely-structured printing plates in which thermal expansions may already result in local changes of position.

Furthermore, appearances of one and the same object may vary greatly locally, due to a production process. Parts of the image may be displaced in relation to one another, or even slightly distorted, but without this being evaluated as an error. An example of this is constituted by the security features on banknotes, which are permitted to be displaced in relation to the printed image. This also applies to other printed images on banknotes that have been produced by varying printing processes - such as, for example, intaglio printing, offset printing and screen printing - and that are permitted to exhibit certain deviations of location or reciprocal positional differences.

The objective of the invention is to provide a process and an arrangement with which an examination or detection of the quality and/or identity and/or location of objects becomes possible in straightforward, rapid and exact manner.

According to the invention, this is achieved, in the case of a process of the type mentioned in the introduction, by virtue of the features cited in the characterising portion of Claim 1. An arrangement, according to the invention, of the type mentioned in the

introduction is characterised by the features cited in the characterising portion of Claim 10.

5 The process according to the invention and the arrangement according to the invention enable an examination of the entire object or of subregions, it being possible for the examination to be performed in accordance with criteria established in advance or arising during the examination with a selectable number  
10 of nominal image points and/or with at least one selectable measure of similarity and/or with compressed and/or extracted data sets for a selectable number of actual images of the object; the similarity values that are obtained are evaluated while taking account of, or  
15 as a function of, predetermined examination targets.

One particular advantage of the procedure according to the invention consists in the fact that in the case of varying quality demands with respect to varying regions  
20 of the object the examination can be adapted to the actual requirements, and only the subregions that actually have to be checked precisely and that consequently make great demands on computing-time are checked, whereas in the case of non-critical regions one  
25 has to be satisfied with an examination at, for example, a coarse level of resolution, i.e. at a level of high compression of the data set, or with an examination with a reduced number of nominal image points.

30 To the extent that the computation of the similarity values taking as a basis the selected sets of points of the nominal image points and the actual image points assigned to the nominal image points via the transformation becomes critical in terms of time, the  
35 measure of similarity calculated for a first set of

nominal image points can be drawn upon for a determination of position, for error detection and/or for the identification of an object or of a subregion of the object or for a first comparison of the object with a predetermined nominal image point or a number of predetermined nominal image points of the object, by which the following examination is considerably facilitated. The procedure according to the invention is advantageous for the checking of image regions in which there is the possibility that they overlap by reason of inaccuracies in the production of the object, for example inaccuracies of printing; the procedure according to these claims also has the advantage that a double examination of actual image points is avoided.

The features of Claims 2 and 11 are advantageous in order to increase the speed of the examination; by reason of the reduction of the data sets to be processed, the examination can be carried out more rapidly without, however, thereby impairing the accuracy.

If the features of Claim 3 are provided, this contributes to increasing the flexibility or adaptability of the procedure according to the invention to varying set tasks; this flexibility and adaptability is obtained, in particular, in combination with the features appearing in the characterising portion of Claim 1, i.e. by virtue of the possibility of being able to select various transformations, measures of similarity, sets of nominal image points or actual images in accordance with the conditions of examination or in accordance with the type of the object. A more rapid completion of the examination process may be effected if the results ascertained in preceding

examination steps can be fallen back upon for the following examination steps, or if results obtained can be used as a basis for following examination steps.

- 5 The procedure according to the invention becomes computationally easy if the features of Claim 4 are employed, since a simplified structure of the computing systems and of the evaluation arises thereby.
- 10 The features of Claims 5 and 6 specify advantageous procedures for the execution of a compression of data sets and for the ascertainment of the measure of similarity, respectively. The respective procedure is chosen, in particular, as a function of the form or
- 15 surface structure of the object and also as a function of the type and mode of the examination carried out and also as a function of the objective of the examination.
- A structure - which is easy to operate and which
- 20 possesses sufficient computing capacity - of an arrangement according to the invention arises with the features of Claim 12. The memories that are provided can be loaded quickly and easily with data or parameters corresponding to the object, and the arrangement
- 25 according to the invention can therefore be rapidly adapted to varying examination requirements or varying objects.

30 Examples of the use of the process according to the invention and of the arrangement according to the invention are cited in the characterising portion of Claim 13.

The advantage of the process according to the invention

35 is that it is very well-suited for fast real-time



processing. With little effort in terms of electronic components, a large number of varying tasks or combinations of processing steps can be carried out efficiently.

5

The extraction of features, compression and storage of the data are carried out, as a rule, for each recorded image. In this connection, in advantageous manner only those image regions of the actual image are edited or processed which are required in the following steps. These image regions are mostly established in advance.

10

For the necessary arithmetic operations, according to the invention fast electronic circuits or fast algorithms for programmable logic devices or signal processors are employed, so that the compression or extraction of features takes up less time than elapses between two image recordings. For each actual image point recorded, a two-stage compression, for example, of grey-scale values by Gaussian-weighted filtering and an additionally required two-stage extraction of edges with a fast signal processor requires only a few nanoseconds.

20

One advantage of the process is that, according to the invention, the feature extractions or image compressions can be effected by a dedicated arithmetic unit in parallel with the further examination steps. While the transformations and similarity values for a recorded image are being computed, the unit for the data compression or feature extraction can already simultaneously be processing and preparing the next actual image. A property that is important for the time response of the process is that, according to the invention, use is made of sets of nominal image points with nominal image points that have been specially

30

35

selected or adapted previously for the set task for the examination. In contrast, known image-processing systems typically use whole images or all the points from rectangular image details. But for many set tasks, such as determinations of location, for example, according to the invention far fewer nominal image points suffice. These are often widely scattered - i.e. in general they are not adjacent.

- 10 A significant advantage of the invention is a considerable increase in the processing speed. Experience shows that a small number of suitably selected nominal image points provide almost equally good results or, in many cases, even better results with regard to accuracy in the course of a position-finding operation or image examination than when use is made of all the points of a coherent image region.

- 20 By means of the chosen memory arrangement, an image can be examined simultaneously at several stages of compression in one processing step. Since, according to the invention, all the actual-image features at all compression stages are situated in one memory, image properties of varying compression stages and/or feature extractions can play a part in the ascertainment of a similarity value by virtue of a suitable selection of coordinates or by virtue of a suitable addressing of the actual image points. For example, objects can be examined at high resolution in important, prominent parts, and at low resolution (i.e. at a higher compression stage) in non-critical parts, and these data can be taken as a basis for the measure of similarity. As a result, the number of arithmetic operations and the processing-time of an image can be kept to a minimum.

A significant property of the process is that it is suitable for fast 'pipeline' processing. This means that the processing units are able to process streams of data (e.g. coordinates, grey-scale values, image features) simultaneously and in time-shifted manner, so that one unit carries out computations for one image point or for a set of image points while the other unit is already processing the next image point or set of image points. One time-critical element is the actual-image/feature memory; this element is therefore randomly accessed. Conventional electronic semiconductor memories are only fast when sequences of data with ascending memory address are accessed in consecutive operations. According to the invention, this prerequisite obtains for all memories, with the exception of the actual-image/feature memory. For the very fast execution of the process there is provision, according to the invention, to implement a fast actual-image/feature memory with random access, for instance in the form of a fast static memory. In the case of the other memories, according to the invention the information is arranged in such a way that information that is needed successively is saved optimally in a sequence that is suitable for fast access.

The provision of a memory for several selectable measures of similarity permits a very fast change-over between various measures of similarity or similarity algorithms which are optimised for various examination tasks or problem formulations. The ascertainment of the location of an object typically requires the application of at least one measure of similarity other than the examination for completeness or quality. If the same sets of nominal image points and the same transformation are used for varying examination tasks of such a type,

the coordinate transformations, the fetching of the information from the actual-image memory, and the interpolations of the data to be carried out where appropriate in the process, in order to be able to assign the features exactly to the corresponding image points defined by the transformed coordinates, do not need to be repeated. A re-evaluation of the set of points by switching over the measure of similarity or by reselection of a measure of similarity suffices, whereby, where appropriate, interim results already computed - such as, for example, the interpolation values of the actual image points - can be used again.

An exemplary embodiment of an arrangement according to the invention will be elucidated in more detail in the following on the basis of the drawing.

The arrangement according to the invention comprises an electron-optical recording instrument A. This electron-optical recording instrument may be an electronic camera, for example an area-scan camera or a line-scan or TDI camera or a scanner. With this recording instrument A, actual images of the objects to be examined are recorded. Via an appropriate data line 7 the recorded actual images of the object are supplied to a memory C for the data set of the actual image points. In this memory C the essential characteristic features of the actual image points are stored by feature type and/or feature value. The varying feature types may be, for example, intensities, contrasts, edge vectors, spatial frequencies, changes of brightness between image points, statistical characteristics or other feature types assigned to the individual actual image points. These features possess corresponding numerically definable feature values; these feature values are drawn

upon for the purpose of computing the measure of similarity.

5     The data sets of the actual image points are subjected to a compression and/or extraction of features in a data-compression and feature-extraction unit *F* linked to the memory *C* via a data line 9. The data set of an actual image point also comprises the corresponding coordinates of this actual image point. The reduced  
10    and/or extracted data sets or features are stored and made available for the purpose of ascertaining measures of similarity.

A memory *G* in which compression algorithms and/or  
15    extraction algorithms are present in stored form is assigned to the unit *F*. Via a data line 5 the memory *G* is provided or loaded with externally prepared compression algorithms and/or extraction algorithms which have been adapted to the respective examination  
20    situation or to the respective object. Via a data line 10, compression algorithms and/or extraction algorithms selected by the unit *F* are requested from the memory *G*, or the unit *F* is loaded therewith.

25    Via the data line 9 there is an exchange of data between the memory *C* with the data set of the actual image points and the data-compression and feature-extraction unit *F*, in order to supply corresponding data sets of actual image points to the unit *F* or in order to supply  
30    the reduced and/or extracted data sets to the memory *C* and to save said data sets therein for further use.

The - if need be, reduced and/or extracted - data sets relating to the actual image points are supplied via a

data line 14 to a unit *E* for determining measures of similarity. Linked to this unit *E* is a memory *D*, into which externally prepared measures of similarity can be entered or stored via a data line 2. Selected measures  
5 of similarity from the memory *D* for the respective computation of a measure of similarity are supplied to the unit *E* via a data line 15.

Another significant integral part of the evaluating  
10 unit 30 is a nominal-image-point memory *H*, into which, via a corresponding input line 3, nominal image points are stored which have been ascertained or predetermined in accordance with empirical criteria and/or which have been ascertained by arithmetic operations and/or which  
15 have been derived from nominal images of the object to be examined. This storage is effected with complete and/or reduced or with compressed and/or extracted data set, coordinates and/or features for the individual nominal image points. This nominal-image-point memory *H*  
20 is connected to a transformation unit *I* via a data line 11. The data of selected sets of nominal image points are transmitted to the transformation unit *I* via the data line 11.

25 Linked to the transformation unit *I* is a memory *J* for transformations, which has been loaded with a number of predetermined or established coordinate transformations via an input line 4. A transmission of selected coordinate transformations to the transformation unit *I*  
30 takes place via the data line 12; the transformation unit *I* transforms the coordinates  $x$ ,  $y$ ,  $z$  of the nominal image points in accordance with the respective transformation selected from the memory *J*.

The image points are established with either two-dimensional or three-dimensional coordinates, depending on whether the image points were obtained from a two-dimensional or three-dimensional manner of viewing or mapping the object.

Via a data line 13 the data sets of the nominal image points, comprising the features - i.e. feature type and feature value - of the respective nominal image point and also the associated transformed coordinates  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ , are supplied to the unit  $E$  for determining the measure of similarity. In the unit  $E$  the computation takes place, with the measure of similarity selected in each instance from the number of predetermined measures of similarity, of a value of similarity between the features of the nominal image points of the selected set of nominal image points and the features of those actual image points which are situated at the places of the transformed coordinates  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  of the nominal image points.

In this connection the case may arise that no corresponding actual image point is present at the place of the transformed coordinates  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  of a nominal image point; in this case, either this nominal image point is not taken into account when computing the measure of similarity or, provided that an appropriate number of such nominal image points not taken into account are present, another transformation can be drawn upon.

In the course of the computation or ascertainment of the measures of similarity, the respective features of an actual image point are compared to the assigned nominal image point, and the measure of similarity is

calculated. In this connection there may be provision that for the purpose of ascertaining the measure of similarity between characteristic features of actual image points and nominal image points an optionally  
5 normalised cross-correlation of the features, for example colour or grey-scale values or intensity values of the actual image points and nominal image points, is performed or the sum of the absolute differences of the features, preferably of the grey-scale or colour values,  
10 of the respective image points is ascertained, these differences being optionally weighted and/or exponentiated, whereby optionally prior to the ascertainment of the measure of similarity by creating the absolute differences from the respectively computed difference values of the features a tolerance value  
15 assigned to the respective feature of the nominal image point is subtracted. The evaluating unit 30 furthermore comprises a priority-value memory *B* which can be initialised with priority values via an input line 1. A  
20 trigger for an initialisation of such a type is effected via the data line 8 with each re-recording of an actual image. The image points or memory locations of the priority-value memory *B* are assigned to the actual image points that are saved in the memory *C*. This assignment  
25 is effected with the aid of a definite assignment rule. Furthermore, a priority value - a number, for example - is assigned in each instance to at least a number of nominal image points, preferably to all nominal image points; the data sets of the nominal image points are  
30 saved in the nominal-image-point memory *H*, in each instance with this priority value. If need be, nominal image points are combined into sets of nominal image points, sets of nominal image points of such a type exhibiting nominal image points with the same priority  
35 value and with features of the same feature type.



The image points of the priority-value memory *B* with their respective priority value are assigned to the actual image points saved in the memory *C*. Furthermore, the coordinates *x*, *y*, *z* of the nominal image points are mapped onto the image plane of the actual image points via the transformation chosen in the given case, so that a comparison between the priority values of the nominal image points and the priority values of the image points of the priority-value memory *B* can take place. This comparison of the priority values of the priority-value memory *B* obtained via the data line 16 and of the priority values of the corresponding nominal image points which are saved in the nominal-image-point memory *H* takes place in the unit *E* for determining measures of similarity. There is provision that a comparison of the priority value of the respective nominal image point and of the priority value of the assigned image point of the priority-value memory is undertaken prior to ascertainment of the measure of similarity, said image point being assigned to the respective nominal image point via the respective transformation of the coordinates of the nominal image point and the mapping of the actual image onto the memory locations of the priority-value memory, and that for the case where the priority value of the nominal image point is greater than or equal to the priority value of this image point the features of this pair of points are taken into account when ascertaining the measure of similarity and, where appropriate, the priority value of the nominal image point is assigned to the image point of the priority-value memory or is transmitted to the latter, and that for the case where the priority value of the nominal image point is less

than the priority value of the image point this pair of points is left out of account when ascertaining the measure of similarity or calculating the similarity value. In this connection it is expedient that the  
5 number of nominal image points or pairs of points taken into account and/or not taken into account is ascertained and is drawn upon for the evaluation of the result of the examination or for the evaluation and contingent reselection of the measure of similarity  
10 and/or that the priority values of actual image points that are to be excluded from an examination or that are to be left out of account when computing the measure of similarity are set in advance to a value that exceeds the highest priority value of a nominal image point.

15 In this connection it is advantageous if in the course of ascertainment of the measure of similarity the procedure begins with the set of nominal image points that have the highest priority value.

20 Between the unit *E* and a unit *K* for assessing whether a predetermined termination criterion for an examination step is satisfied or whether the ascertained similarity values satisfy a predetermined termination criterion a  
25 transmission of the data takes place via a data line 17 in which the similarity values are transmitted to the assessment unit *K* and the selection by the unit *K* of the measures of similarity to be employed for the next examination step takes place.

30 For the continuation of the examination, the assessment unit *K* can furthermore select or predetermine a different data compression and/or extraction of features via the data line 21; a different predetermined  
35 transformation can be selected or predetermined via a

data line 20; other nominal image points can be selected via the data line 23; other actual images for the next examination step can be selected via the data line 24.

Other measures of similarity can be selected via the  
5 data line 19.

Linked to the assessment unit *K* via a data line 18 is a memory *L* which is capable of being loaded with prepared, selectable assessment parameters via an input 6.

10

Linked to the assessment unit *K* via a data line 22 is an evaluating and monitoring unit *M* which comprises optical and/or acoustic indicating devices, appropriate recording instruments and evaluating instruments for the  
15 results of the examination obtained. If need be, this unit *M* also comprises or controls mechanical devices acting on the objects to be examined, with which objects can be removed or processed, or with which influence can be exerted on said objects.

20

The function of the evaluating unit 30 can substantially be controlled by the assessment unit *K*, in particular by an assessment of interim results - for example, similarity values obtained, transformations performed  
25 etc. - which are compared with the assessment parameters entered in the memory *L*.

An overall assessment of the result of the examination or of the object to be examined can also be undertaken  
30 in the unit *M*.

The criteria according to which a new measure of similarity, a new transformation, new nominal image points, new actual images, new assessment criteria are

drawn upon are adapted or predetermined for the respective examination purpose and/or object or can be changed and adapted by appropriate new input of the corresponding parameters.

5

The number of examination steps depends upon the respective examination purpose or upon the examination task and the predetermined termination criteria.

- 10 The compression and/or the extraction of features relating to the data sets of the actual image points is/are effected prior to the computation of the respective measure of similarity. A computation of the measure of similarity between compressed or extracted
- 15 features of the actual image points and features of the nominal image points takes place after the corresponding features and/or coordinates of the nominal image points have likewise been subjected to an equal compression and/or extraction. A compression or extraction of data
- 20 sets is advantageously carried out in such a manner that a compression of data sets is carried out by a mean value of the corresponding image-point features and/or coordinates being computed from a number of - preferably four - adjacent actual image points, or by a weighted
- 25 sum, in particular a Gaussian weighting in the vertical and/or horizontal direction, being calculated using a predetermined reduction factor, for example two or multiples of this value, for the features and/or coordinates of a number of contiguous actual image
- 30 points, or by a feature, for example the direction and/or the length of edges, being calculated or ascertained for a set of adjacent actual image points, or by a discrete cosine transformation of the spatial frequencies of actual image points being effected, or by
- 35 a wavelet transformation being effected, or by a

determination of the distinctness of character and preferential direction of image edges or pattern edges being effected by means of Gabor filters.

- 5 In the assessment unit *K* there may be provision that the best similarity value obtained and also the transformation underlying this similarity value as well as the set of nominal image points underlying this similarity value are regarded as an interim result and,
- 10 depending on the best measure of similarity and the best transformation, a different set of actual image points is subjected to at least one compression and/or at least one extraction of features, and the examination is therefore continued.
- 15 Three-dimensional coordinates for the actual image points or the nominal image points arise, for example, in the case of CT scanners, since three-dimensional data sets are handled therein. In the course of the
- 20 evaluation or assessment of video films, the third coordinate can be used for the indexing of the individual frames.
- A termination of the examination by reason of a
- 25 predetermined similarity criterion may take place, for example, when the similarity values are to be ascertained only for a predetermined number of predetermined transformations and/or for a predetermined set of nominal image points and these results are
- 30 regarded as sufficient.

The invention will be elucidated in more detail in the following on the basis of exemplary embodiments. These exemplary embodiments, however, are by no means intended

35 to represent the only possible applications of the

process according to the invention, and are not to be interpreted as being restrictive but are rather to be understood merely as illustrative examples.

## 5 Example of a determination of location

Set task:

10 The location of a print - a logo, for example - which has been applied on a flat surface, for example a container surface, is to be determined. This process is to be repeated for many other surfaces. It will be assumed that rotations and distortions of size are negligibly small, but that the print may be displaced in 15 the x- and y-directions in relation to the nominal position. These deviations are to be ascertained.

Procedure according to the invention without compression:

20

A specimen recording is made with an electronic camera. The camera A provides a grey-scale image. The location of the print in this specimen recording is defined as the nominal position. With a predetermined software 25 program, 50 image points, for example, of the specimen recording are picked out as suitable nominal image points and are written to the nominal-image-point memory H. The grey-scale value is used by way of characteristic feature; hence an extraction of features 30 is avoided. Compressions and priority values are not required with this procedure. In the case of the coordinate transformations, only displacements are investigated. Each of these displacements changes the coordinates of the nominal image points in such a manner

that constant values  $a$  and  $b$  are added to the coordinates  $x, y$  for the respective displacement. The transformed coordinates  $x', y'$  are therefore equal to  $x+a, y+b$ , where the parameters  $a$  and  $b$  determine by how  
5 many image points displacement occurs. The parameters  $a$  and  $b$  therefore characterise the displacement in unambiguous manner and are written to the memory  $J$  of the transformation unit  $I$ . All possible combinations of  $a$  and  $b$  are formed, provided that the values do not  
10 exceed the maximal displacements to be investigated.

After these preparations, the actual determination of location is undertaken. For each actual image that the electronic camera  $A$  provides, all the coordinate  
15 transformations in the memory  $J$  of the transformation unit  $I$  - i.e. all the displacements previously written to it - are applied and executed by the transformation unit  $I$ . In this process, in each instance the coordinates  $x, y$  of all the nominal image points or of  
20 these sets of nominal image points of the nominal-image-point memory  $H$  are subjected to this coordinate transformation. The coordinates  $x', y'$  of the associated actual image points result from this. The grey-scale values are the characteristic feature with  
25 this procedure and are therefore drawn upon for the computation of the measure of similarity. The normalised cross-correlation is used by way of measure of similarity. This has to be present in the memory  $D$  of the unit  $E$  for determining the measure of similarity.  
30 That coordinate transformation with which the value of the normalised cross-correlation is greatest, and which is therefore best, is stored. The parameters  $a$  and  $b$  pertaining to this coordinate transformation specify the deviation from the nominal position and consequently

constitute the result of the examination that will be assessed. The process is now repeated for the next image that the electronic camera provides.

5 Procedure according to the invention with compression:

This procedure differs from that described previously, in that the actual images are subjected to a two-stage compression. Together with the actual image, three data  
10 sets at varying stages are then available for the determination of location. The process is especially suitable if the maximally permitted displacements are very large. Compared to the procedure described previously, however, the sequence of operations is  
15 distinctly faster.

In the preparation phase a specimen recording of the object is subjected to a two-stage compression. In the course of this compression, for each image point of the  
20 specimen recording a Gaussian-weighted sum is created from its grey-scale value and from the grey-scale values of its horizontally, vertically and diagonally immediately adjacent image points. This sum represents a new grey-scale value or the new feature. Only every  
25 other one of these new image points in the vertical and horizontal directions is selected and forms an image point in the first compression stage. Consequently, both in the vertical direction and in the horizontal direction a compression is obtained with a reduction  
30 factor of 2 or with an overall reduction factor of 4. This process is repeated with the image of the first compression stage instead of the image of the specimen recording. The second compression stage thus obtained has, both in the vertical direction and in the  
35 horizontal direction, a reduction factor of 4 or an



overall reduction factor of 16 compared with the specimen recording. For each of the three stages, 50 suitable image points are selected as nominal image points with a predetermined software program and are entered into the nominal-image-point memory.

Consequently the data of three different sets of nominal image points are available therein, one each for the two compression stages and one for the uncompressed stage. The set of nominal image points for the highest compression stage is the first that is drawn upon for the evaluation. Three varying sets of coordinate transformations are likewise entered into the memory  $J$  of the transformation unit. The first set is employed in the second and therefore highest compression stage.

As with the procedure described previously, once again all the displacements are entered with the parameters  $a$  and  $b$ , provided that the values do not exceed the maximal displacements to be investigated. In this connection it is to be taken into account that  $a$  and  $b$  specify by how many image points of the second compression stage displacement occurs. Since, by reason of the overall reduction factor of 16, 16 image points of the specimen recording also correspond to a single one of these image points, the number of displacements is likewise smaller by a factor of 16 in comparison with the procedure described previously. But since, in turn, the accuracy of the determination of location also suffers, coordinate transformations for the next-higher compression stage - i.e. the first compression stage - are now also made available. In this connection, however, only displacements are taken into account, for example, the values of which for  $a$  and  $b$  are 1, 0 or -1. Accordingly, overall only the 9 possible combinations resulting therefrom are entered into the memory  $J$  of the

- transformation unit *I*. They constitute the second set. The third set of coordinate transformations consists, like the second, of 9 displacements, the parameters *a* and *b* once again assuming the values 1, 0 or -1.
- 5 However, said third set relates to neither of the compression stages but rather to the uncompressed image; it serves for the final accurate determination of location.
- 10 The electronic camera continually provides images in which the location of the print is to be determined. By means of the data-compression unit *F* the image is firstly subjected to the same two-stage compression as the specimen recording was previously subjected to.
- 15 Then the displacements contained in the first set of coordinate transformations for the coordinates *x*, *y* of the nominal image points of the first set of nominal image points are executed by the transformation unit. The transformed coordinates *x'*, *y'* resulting therefrom
- 20 relate to the second or highest compression stage of the actual image. The features or grey-scale values located there are read out and are compared separately for each displacement with the features or grey-scale values of the nominal image points. The normalised cross-
- 25 correlation is used by way of measure of similarity. That coordinate transformation or displacement with which the highest and therefore best similarity value is obtained represents a provisional result and is saved. The process is continued with the second set of nominal
- 30 image points. The coordinate transformations that are used in the process are composed of the displacements of the second set of coordinate transformations and of the provisional result ascertained previously. Of course, in this process it has to be taken into account that the

displacement ascertained by way of provisional result relates to a higher compression stage. In connection with the compositions of the displacements or coordinate transformations, the reduction factor of 2 therefore has  
5 to be taken into account. Accordingly, 9 new displacements or coordinate transformations arise. With these, the coordinates of the nominal image points from the second set of nominal image points are transformed by the transformation unit *I*. Again, the normalised  
10 cross-correlation between the features of the actual image points at the place of the transformed coordinates and the features of the associated nominal image points is computed in the unit *E*. That coordinate transformation or displacement with which the highest  
15 and therefore best similarity value is obtained again represents a provisional result and is stored. The process is repeated in analogous manner for the actual image. The coordinate transformation or displacement resulting therefrom represents the definitive result  
20 that will be assessed.

### Example of the quality check of a simple print

Set task:

25

The overprint on packaging boxes is to be checked with respect to print quality. To be regarded as defects in the print quality are, for example, missing points in the print, rotated print, smudging, etc. Although each  
30 packaging box is to have the same overprint, small printing tolerances with respect to location and brightness are permitted.

Procedure according to the invention:

- 5 Several specimen recordings are made of packagings that are flawless in terms of printing. From these, the nominal image points for the nominal-image-point memory are derived with a dedicated program. Each nominal image point is given a grey-scale value by way of  
10 feature. Furthermore, a tolerance value is assigned to each image point. The grey-scale value is substantially the mean grey-scale value of the specimen recordings at the coordinates  $x$ ,  $y$ ,  $z$  of the nominal image point. The tolerance value is a measure of the variability of the  
15 values of the specimen recordings at the coordinates  $x$ ,  $y$ ,  $z$  of the nominal image point.

- The electronic camera continually provides actual images, in respect of which the location of the  
20 overprint is firstly determined. This is done with one of the procedures described previously, which by way of result provide a coordinate transformation that has been assessed to be best. The transformation unit uses this in order to transform the coordinates  $x$ ,  $y$ ,  $z$  of the  
25 nominal image points to the coordinates of the actual image points  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ . For the ascertainment of the first measure of similarity, the absolute differences of the features or grey-scale values are reduced by a respective tolerance value pertaining to the nominal  
30 image point and are subsequently added up. If in this connection the respective absolute difference is less than the tolerance value, 0 is summed. In the case of the second measure of similarity, instead of the sum the maximum is created. In the case of the third measure of  
35 similarity, the number of summands in the first measure

of similarity that are not equal to 0 is determined. The evaluating unit now assesses these three similarity values and decides whether the overprint is to be evaluated as defective.

5

Example of the quality check of a multiple print

Set task

- 10 Flat printed images which are always to look the same, disregarding printing tolerances, have to be checked with respect to their print quality. Each image is generated in several printing steps, certain parts of the image being printed in each step. In the event of overlaps, the parts overlapped by the new printing step are covered up completely. The location of the individual printing steps relative to one another may vary slightly, so the magnitude of the overlaps is not known. But the differences resulting therefrom are to be tolerated.
- 15
- 20

Procedure according to the invention:

- 25 Separate specimen recordings are made of each individual printing step. From these, sets of nominal image points with feature values and tolerance values are ascertained with a dedicated tool or program and are written to the nominal-image-point memory *H*. For each printing step there is precisely one associated set of nominal image points. Ascending priority values are assigned to these sets. The set of nominal image points of the first printing step gets the lowest priority, and that of the last printing step gets the highest priority.
- 30

The actual images coming from the recording instrument A are examined in succession. All the priority values in the priority mask or in the priority memory B are firstly initialised with 0 for each image. Then the  
5 position of the uppermost print is determined with one of the processes described above. In the course of this process a nominal image point is only taken into account in the computation of the measure of similarity when the priority value thereof is greater than that in the  
10 priority memory B at the place of the coordinates for the priority mask that are assigned to the actual image point. The priority value in the priority memory B is not changed in the process. After this determination of location, the transformation unit  $T$  with the coordinate  
15 transformation that has been received maps the coordinates  $x, y, z$  of the nominal image points onto coordinates  $x', y', z'$  of the actual image points, and the unit  $E$  computes the measures of similarity. In this process the priority values of the nominal image points  
20 are again compared with those of the priority memory B at the coordinates for the priority memory B that are assigned to the actual image points. If the priority values of the nominal image points are smaller, these points are not taken into account. But if they are  
25 equal to the values in the priority memory B, or greater than said values, the features of the associated image points are used for the computation of the measures of similarity. Furthermore, these higher priority values are entered at the corresponding locations of the  
30 priority memory B. The ascertained similarity values are stored for a final assessment. The process is now repeated in analogous manner for the set of nominal image points having the next-lower priority value etc., right down to the set of nominal image points having the

lowest priority value. Finally, the assessment unit *K* assesses the overall quality of the print on the basis of the similarity values that have been collected.

## 5 Example of the quality check of an incomplete pattern

### Set task

- 10 A cut-to-size printed item, for example a banknote, is to be checked with regard to print quality. The print is applied prior to the cutting to size and is larger than the part to be cut out. By virtue of cutting tolerances, the print that is visible after cutting
- 15 varies. Nevertheless, the entire region that has been cut out - i.e. also the marginal regions - is to be examined with respect to print quality. This is required, for example, in the case of periodic background patterns - wavy lines, for example - where
- 20 the requisite parts are cut out of large imprinted sheets. But, in this process, attention is generally not paid to ensuring that the cut begins in each instance at the same place in the periodic pattern.

## 25 Procedure according to the invention

- With a specimen recording, the printed item that has not yet been cut to size is recorded. From this image a set of nominal image points is generated. In this process,
- 30 sufficient points are selected, in order also to take account of maximal cutting tolerances. The grey-scale value is used by way of feature. An empirical value that is the same for all nominal points is chosen by way of tolerance value. The set of nominal image points is

given the priority value 1. Furthermore, a specimen recording is made of a printed item that has already been cut to size. From this, a set of nominal image points is determined, the nominal image points of which  
5 possess no feature value but only coordinates. This set of nominal image points is given the priority 2. Said set consists of all the points of the specimen recording that do not pertain to the cut-to-size printed item; it serves as a mask for the background of the recordings.  
10 This background is presupposed to be contrasting in colour, in particular black or almost black.

The actual images coming from the recording instrument are examined in succession. All the priority values in  
15 the priority-value memory *B* are firstly initialised with 0 for each image. Then the position of the set of nominal image points of priority 2 is determined with one of the processes described above. For the coordinate transformation resulting therefrom the  
20 priority values in the priority-value memory *B* are set to 2 at the place of the coordinates of the actual image points pertaining to the nominal image points. The computation of a similarity value is not required with this step. Consequently the values 0 and 2 are held in  
25 the priority-value memory. Now the location or phase of the overprint is determined. To this end, use may again be made of one of the processes described above. With the coordinate transformation that has been found thereby, the measure of similarity for the actual  
30 quality examination is ascertained. To do this, the set of nominal image points having priority 1 is drawn upon. Precisely those pairs of nominal and actual image points are taken into account, in respect of which the priority value in the priority memory at the coordinates of the  
35 actual image points is less than or equal to 1. The sum



of the absolute differences between the features or grey-scale values of the nominal image points and of the associated actual image points serves by way of measure of similarity, reduced in each instance by the tolerance  
5 value pertaining to the set of nominal image points.

### Example of multi-compression-stage examination

#### Set task

10

Crates are to be classified on the basis of their overprint. A sorting by manufacturer is to be undertaken. For this purpose, a system is needed that correctly assigns each of the overprints on the crates  
15 to one of 1000 known overprints and consequently to the associated known manufacturer. The system is to be capable of being upgraded easily with regard to a possible enlargement of the set of known overprints.

20 Procedure according to the invention:

A specimen recording is needed of each known overprint. For each of these specimen recordings, an extraction of features is carried out, in the course of which use is  
25 made of the intensity values of the edges for the construction of the feature(s). Furthermore, two consecutive compression stages are computed by employing Gaussian filters. The compressions are effected in each instance by a factor of 2 in the vertical and horizontal  
30 directions. From the specimen recording, the two compression stages, and the image with the edge intensity values a set of nominal image points pertaining to the associated overprint is ascertained with a software program. This set selects points from

the master images in such a manner that the entire overprint is acquired in the process but double evaluations are avoided for reasons of efficiency. The acquisition of the entire overprint is important, since  
5 in the event of possible upgrades of the set of known overprints very similar overprints may possibly be added. If only parts were to be checked, there would be a risk of confusion. In the vicinity of edges, points from the image having the edge intensity values are  
10 selected. For the other places, use is preferably made of points from the second compression stage. Only if this is not possible on account of the low resolution are points selected from the first compression stage or directly from the specimen recording. As a result, the  
15 number of nominal image points is kept small, and nevertheless a good surface coverage is achieved. The selected nominal image points from the compression stages are given higher weights in the ascertainment of the similarity values, in accordance with the  
20 compression factors, since they cover larger areas.

For each actual image the same compressions and extractions of features are carried out as for the specimen recording. The sum of the squared and weighted  
25 deviations is computed by way of measure of similarity. That set of nominal image points which provides the smallest value is the best result. The manufacturer can be inferred from it. If the location of the overprint in the actual image is not known precisely, again one of  
30 the determinations of position described above can be carried out. However, this must be undertaken separately for each set of nominal image points. In this connection it is advisable to use dedicated, very small sets of nominal image points for this purpose, in

order to keep the duration of the determination of position short.

### Example of number recognition

5

#### Set task

An overprinted 8-digit number is to be recognised and checked for its readability (print quality). An area-scan camera is used for the recording. The recording ascertains grey-scale values. The number always has exactly 8 digits. But the numerals that the number consists of are to be established. The colour of the overprinted number is always darker than the background.

Although the background is largely homogeneous, it is not necessarily white but only (light) grey, so weak contrast has to be expected. It can be assumed that the number has not been rotated, or has been rotated to a negligibly small degree. The location (coordinates) of the overall number is not known, only the permitted print area. Furthermore, small displacements of the numerals relative to one another (printing tolerances) are to be expected. The same font is always used for the 10 different numerals. Fluctuations in size are negligibly small. Although the resolution is fixed, it is low.

Procedure according to the invention:

30 The procedure is divided up into 3 parts:

- Determinations of the location of the overall number. The position of the overall number is ascertained, though only with low precision.

- For each of the 8 digits in the number it is established which numeral is printed there. By virtue of the determination of location of the overall number, which has taken place beforehand, the approximate positions of the numerals are already known. But the precise determination of location of the printed numerals is undertaken only in this step.
- The 8 recognised numerals are checked with regard to their print quality. This is undertaken with the assistance of the results from the previous step. The numerals and the precise positions thereof are therefore already known.

15 Determination of the location of the overall number

Since a coarse determination of location is sufficient, this determination is carried out not in the actual image but in the first compression stage. The latter arises from the actual image by formation of a Gaussian-weighted mean value in the vertical and horizontal directions and by subsequent reduction by a factor of 2, likewise in the vertical and horizontal directions.

25 Since the numerals that the overall number consists of are not yet known, use is made of an artificial pattern for the nominal image points. Said pattern consists of a black rectangle on a white ground. The nominal image points describe this pattern. The rectangle has the dimensions that correspond to the overall number in the first compression stage. The sum of the squared deviations is used by way of measure of similarity. All the coordinate transformations of the displacement are investigated that are situated in each instance one

image point away from one another and that place the black rectangle in the compression stage in such a way that it comes to be situated at a position in the print area that is permitted for the number. It is to be expected that the smallest and therefore best similarity value occurs when as many dark image points as possible - i.e. parts of the recorded and compressed number - impinge on the black rectangle. The coordinate transformation, and hence the position in which this is the case, is stored by way of interim result.

Recognition of the numerals and determination of the location thereof

Starting from the position of the overall number found in the previous step, the type and the location of the numeral situated at the first digit are now ascertained. On account of the low resolution and the weak contrast, this is a difficult task. As an essential feature, in accordance with the invention it is firstly established by means of suitable filters which image points pertain to the foreground - i.e. to the numerals - and which to the background. Image points that can be assigned unambiguously to the foreground are given the value 0, whereas the background image points are given the value 100. Image points that cannot be assigned unambiguously are given intermediate values. No compression is associated with this extraction of features. With this process it is even sensible to increase the resolution artificially, by feature values being additionally obtained by interpolation of the actual image points.

The image that has been obtained in this way is now compared with the 10 different sets of nominal image

points prepared for the individual numerals, each having 60 nominal image points, for example. The sets of points are assigned to the numerals 0 to 9 and are constructed in such a way that they are able to describe these numerals well and able to distinguish them from one another. These sets of points are now compared with that region of the overall number where the first printed numeral is presumed to be. Since the location of the overall number is now known approximately, this comparison is undertaken at several digits. By way of coordinate transformations, only displacements are investigated, since, by assumption, fluctuations in size and rotations do not have to be taken into account. The displacements differ in each instance by only half the width of an image point corresponding to this extraction of features. This fine overlap is important, in order reliably to avoid a misdetection. The region that the displacements cover corresponds substantially to the precision with which the overall number was previously located. All the combinations of sets of points and displacements are created. A similarity value is computed for each one. The sum of the third powers of the absolute grey-scale-value differences is used by way of measure of similarity. The smallest similarity value is picked out. From the associated set of points it follows which numeral has been printed. The precise position of the printed numeral results from the associated coordinate transformation or displacement. These two items of information are stored by way of interim result.

The process is now substantially repeated. However, the investigations now take place at that digit in the overall number at which the second printed numeral is presumed to be. Since the position of the first numeral

is already known, this information is utilised in order better to estimate the position of the second printed numeral. The region that the displacements to be investigated cover is therefore smaller than in the case of the investigation of the first printed numeral. Only the printing tolerances - i.e. the possible small fluctuations in position of the printed numerals relative to one another - have to be taken into account. The result specifies which numeral has been printed and its precise position. The process is now repeated analogously for the remaining 6 printed numerals.

#### Assessment of the print quality

By virtue of the preceding steps, the numerals that the number includes and the precise positions thereof are known. For comparison, 10 prepared sets of nominal image points are again available for the numerals 0 to 9. In contrast with the preceding step, they are not unconditionally suitable for particularly good differentiation of the numerals from one another, but have been assembled specially for the quality control. The comparison with the actual image takes place. For the first printed numeral, use is made of the corresponding set of points and the coordinate transformation that is already known. The normalised cross-correlation is used by way of measure of similarity. This provides a value between 0 and 1, which serves as a measure of quality and which is stored. The higher the value, the greater the similarity and therefore the quality. The process is repeated analogously for the remaining 7 printed numerals.

Example of recognition of hazardous-goods plates  
on lorries

5

Set task

The yellow hazardous-goods plates on lorries are to be  
recognised. An electronic camera is to monitor the road  
10 traffic and establish whether a plate has been attached  
to a vehicle and, if so, which. Several plates may also  
be in the image simultaneously.

Procedure according to the invention

15

The solution is in two stages, as in the case of the  
number recognition. In the first stage, the possible  
position of the plates is recognised. In this  
connection, hypotheses about possible positions are  
20 drawn up. In the second stage, all the hypothetical  
positions are checked as to whether it is a question of  
a plate and, if so, which.

The image taken from the road traffic is a colour image.  
25 The following features are computed therefrom:

- Colour feature: the yellow tone (intensity of the  
colour yellow) is ascertained in, typically, 2 to 3  
Gaussian-weighted compression stages. The yellow  
tone is calculated by means of a weighting of the  
30 colour components (red, green and blue) of the  
colour image.
- Structural features: local image frequencies are  
ascertained by means of a DCT (discrete cosine  
transformation). These frequency components are



combined into structural features by means of various weighted sums. The manner in which these structural-feature values are calculated from the frequency components is ascertained by means of a preparatory program and specimen recordings of hazardous-goods plates in various locations and sizes.

The first stage consists of the task of finding possible positions of plates. By way of set of nominal image points, only very few points (e.g. 1 to 4) are prepared, since in the compressed features the plates have only very small dimensions.

In the transformation memory *I* all the displacements and, where appropriate, rotations and/or enlargements possibly occurring are now prepared in a coarse grid.

A combination, ascertained in accordance with heuristic criteria, of the colour features and structural features already mentioned is used by way of measure of similarity.

Now, at the highest compression stage, similarity values are ascertained for all the transformations. If an ascertained similarity value exceeds a definite, adjustable threshold value, the associated transformation is regarded as a possible coarse determination of the location of a plate.

After the coarse location has been determined, a refinement step is carried out for each hypothetical location of a plate, in a manner similar to the multi-stage determinations of location already described.

However, for the refined search the compression stage is

not changed, but other transformations, which correspond to a finer search grid with a smaller range of search, and a larger number of points are chosen.

- 5 For the identification of whether it is a question of a plate and, if so, which, a procedure analogous to the example of the number recognition is followed. If no good similarity value is yielded, despite all efforts in the course of the final quality check, the place in  
10 question is evaluated as "hazardous-goods plate not detected" or as "hazardous-goods plate not present".

- Attention is drawn to the fact that each of the individual processes described in the foregoing  
15 represented, by itself, an inventive further development of the process according to the invention, particularly with regard to the selection - made for the respective examination purpose - and sequence of the transformations, computation of the measures of  
20 similarity, compressions or extractions of features and selection of the nominal image points.

## Claims

1. A process for examining objects, for example with respect to quality, identity or location,
  - 5 - wherein with an electron-optical recording instrument, for example an electronic camera or a scanner, at least one actual image of the object is recorded and, optionally after temporary storage of the image data, a comparison of actual image points of the actual image or of an image region of the actual image with nominal image points is undertaken,
  - wherein a number of nominal image points are defined and temporarily stored by pre-setting of coordinates (x, y, z) and assignment of at least one characteristic feature, established in particular by feature type and feature value, such as, for example, grey-scale or colour values, intensity values, contrast values, edge vectors, spatial frequencies, changes of brightness between image points or statistical characteristics,
  - 20 - wherein the coordinates (x, y, z) of the nominal image points of at least one set of nominal image points, selected in accordance with a predetermined criterion from a number of sets of nominal image points, are subjected to at least one predetermined or selected coordinate transformation,
  - wherein for each different transformation and each of the sets of nominal image points employed at least one measure of similarity, selected from a number of predetermined measures of similarity, between the features of the nominal image points of the selected set of nominal image points and the features of the actual image points that are situated at the place(s) defined by the transformed

coordinates ( $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ ) of the nominal image points of this set of nominal image points is ascertained, and the similarity value(s) is (are) evaluated, - wherein, to the extent that a predetermined

5 termination criterion is satisfied or the ascertained similarity values satisfy a predetermined termination criterion, the examination is concluded, otherwise the examination is continued, and

10 - for the ascertainment of the similarity values at least one other transformation is applied to the coordinates ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) of the nominal image points

- and/or at least one other measure of similarity is chosen,

15 - and/or at least one other set of nominal image points is drawn upon,

- and/or at least one other actual image or one other image region of the actual image is/are chosen, characterised

20 - in that a priority value, for example a numerical value, is assigned in each instance to at least a number of nominal image points, preferably to all nominal image points, and

- in that a priority-value memory is created with

25 image points or memory locations, and the image points or memory locations of the priority-value memory are assigned to the actual image points or are correlated with the latter or the image points or memory locations are mapped onto the actual

30 image,

- in that the priority value of a nominal image point is compared with the priority value of the memory location in the priority-value memory ( $B$ ) assigned to this nominal image point via the

35 transformation of the coordinates ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) of the

nominal image point and the assignment of the actual image to the memory locations of the priority-value memory (B), and

- 5       - in that one and the same memory location of the priority-value memory is assigned preferably to all the available, reduced and/or extracted data sets of an actual image point.
- 10       2. Process according to Claim 1, characterised in that the data sets defining the coordinates and/or the features of the actual image points are subjected to at least one selected one-stage or multi-stage compression and/or at least one extraction of features, and
- 15       - in that in the course of the ascertainment of the respective selected measure of similarity or of the similarity values the reduced or extracted data sets of actual image points ascertained in each instance for the individual compression stages and/or
- 20       extractions are also drawn upon and are compared to the optionally reduced and/or extracted data sets of the respectively assigned nominal image points.
- 25       3. Process according to Claim 1 or 2, characterised - in that in the case of continuation of the examination at least one other compression mode and/or at least one other compression stage for the data set of at least one actual image point and/or at least one other extraction of features of at
- 30       least one actual image point is drawn upon and/or - in that the best similarity value obtained and also the transformation underlying this similarity value as well as the set of nominal image points underlying this similarity value are regarded as an
- 35       interim result and, depending on the best measure of

similarity and the best transformation, another set of actual image points is subjected to at least one compression and/or at least one extraction of features and hence the examination is continued.

5

4. Process according to one of Claims 1 to 3, characterised

- in that successive compressions of data sets of actual image points are performed in the same compression mode and/or  
- in that in the course of each compression and/or extraction the characteristic features still remain recognisable and defined.

5. Process according to one of Claims 1 to 4, characterised in that a compression of data sets is carried out

- by a mean value of the corresponding image-point features and/or coordinates being computed from a number of - preferably four - adjacent actual image points or  
- by a weighted sum, in particular a Gaussian weighting in the vertical and/or horizontal direction, being calculated using a predetermined reduction factor, for example two, or multiples of this value, for the features and/or coordinates of a number of contiguous actual image points, or  
- by a feature, for example the direction and/or the length of edges, being calculated or ascertained for a set of adjacent actual image points, or  
- by a discrete cosine transformation of the spatial frequencies of actual image points being effected or  
- by a wavelet transformation being effected or  
- by a determination of the distinctness of character and preferential direction of image edges

or pattern edges being effected by means of Gabor filters.

- 5        6. Process according to one of Claims 1 to 5,  
characterised in that for the purpose of  
ascertaining the measure of similarity between  
characteristic features of actual image points and  
nominal image points
- 10        - an optionally normalised cross-correlation of the  
features, for example colour or grey-scale values or  
intensity values, of the actual image points and  
nominal image points is performed or
- 15        - the sum of the absolute differences of the  
features, preferably of the grey-scale or colour  
values, of the respective image points is  
ascertained, these differences being optionally  
weighted and/or exponentiated,
- 20        - wherein optionally prior to the ascertainment of  
the measure of similarity by creation of the  
absolute differences from the respectively computed  
difference values of the features a tolerance value  
assigned to the respective feature of the nominal  
image point is subtracted.
- 25        7. Process according to one of Claims 1 to 6,  
characterised
- 30        - in that nominal image points with the same  
priority value and with features of the same feature  
type are combined into a set of nominal image points  
and/or
- 35        - in that each image-point memory location of the  
priority-value memory is initialised with a  
predetermined priority value after each re-recording  
of an actual image.

8. Process according to one of Claims 1 to 7,  
characterised

5 - in that prior to ascertaining the measure of  
similarity a comparison of the priority value of the  
respective nominal image point and of the priority  
value of the assigned image point of the priority-  
value memory is undertaken, said image point being  
assigned to the respective nominal image point via  
the respective transformation of the coordinates of  
10 the nominal image point and the mapping of the  
actual image onto the memory locations of the  
priority-value memory and

- in that for the case where the priority value of  
the nominal image point is greater than or equal to  
15 the priority value of this image point the features  
of this nominal image point and of its assigned  
actual image point are taken into account when  
ascertaining the measure of similarity, and  
optionally the priority value of the nominal image  
point is assigned to the image point of the  
20 priority-value memory or is transmitted to the  
latter, and in that for the case where the priority  
value of the nominal image point is less than the  
priority value of the image point this pair of  
25 points is left out of account when ascertaining the  
measure of similarity or calculating the similarity  
value and/or

- in that the number of nominal image points or  
pairs of points taken into account and/or not taken  
30 into account is ascertained and is drawn upon for  
the evaluation of the result of the examination or  
for the evaluation and contingent reselection of the  
measure of similarity and/or in that the priority  
values of actual image points that are to be  
35 excluded from an examination or that are to be left



out of account when computing the measure of similarity are set in advance to a value that exceeds the highest priority value of a nominal image point.

5

9. Process according to one of Claims 1 to 8, characterised in that the nominal image points are ascertained or predetermined in accordance with empirical criteria and/or are ascertained by arithmetic operations and/or derived from nominal images of the object to be examined and are saved, with complete and/or reduced data set, in a nominal-image-point memory, optionally allocated to individual sets of nominal image points.

15

10. An arrangement for examining objects, comprising an electron-optical recording instrument (A) - in particular an electronic camera, for example an area-scan camera or line-scan camera or TDI camera - linked to an evaluating unit (30), for recording at least one actual image of the object, and at least one memory (C) for the data set of the actual image points and a memory (H) for the data set of at least one nominal image point, for implementing the process according to one of Claims 1 to 9, - wherein a number of nominal image points, optionally combined into individual sets of nominal image points, with their coordinates and assigned characteristic features, such as, for example, grey-scale or colour values, intensity values, contrast values, edge vectors, spatial frequencies, changes of brightness between image points or statistical characteristics, are contained in the nominal-image-point memory (H) of the evaluating unit (30),

25

20

30

- wherein the evaluating unit (30) exhibits a transformation unit ( $I$ ) with which coordinates ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) of nominal image points are subjected to at least one selectable transformation, preferably to a number of different selectable transformations,
- 5       - wherein the evaluating unit (30) exhibits a unit ( $E$ ) for determining at least one selectable measure of similarity between the features of at least one nominal image point and the features of
- 10       the respectively assigned actual image point at the place of the transformed coordinates ( $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ ) of the nominal image point and
- wherein the evaluating unit (30) exhibits an assessment unit ( $K$ ), in particular for the
- 15       fulfilment of a termination criterion and/or for the assessment of the similarity value(s) arising when determining the measure(s) of similarity and/or transformations and/or sets of nominal image points, characterised
- 20       - in that the evaluating unit (30) exhibits a priority-value memory ( $B$ ), the image points or memory locations of which are assigned to the actual image points in a selectable or definable manner and are optionally capable of being re-initialised with
- 25       predetermined priority values for each recorded actual image and
- in that the evaluating unit (30) exhibits a comparison unit ( $E'$ ) for comparison of the priority
- 30       value of a nominal image point with the priority value of the memory location in the priority-value memory ( $B$ ) assigned to this nominal image point via the transformation of the coordinates ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) of the nominal image point and the assignment of the

actual image to the memory locations of the priority-value memory (B).

11. Arrangement according to Claim 10, characterised  
5 - in that the evaluating unit (30) exhibits an actual-image memory (C) and a data-compression and feature-extraction unit (F) in which the data sets obtained for actual image points of the recorded image, relating to coordinates and/or characteristic  
10 features, are subjected to at least one selected one-stage or multi-stage compression and/or to at least one extraction of features, and the reduced and/or extracted data sets are stored and made available for the purpose of ascertaining measures  
15 of similarity.
12. Arrangement according to Claim 10 or 11, characterised  
in that a memory (G) in which a number of different,  
20 selectable compression or extraction algorithms are contained is assigned to the data-compression and feature-extraction unit (F) and/or  
- in that the transformation unit (I) exhibits a memory (J) for a number of selectable, different  
25 coordinate transformations and/or an arithmetic unit for computing new transformations, preferably depending on ascertained similarity values, in particular depending on that transformation which has resulted in the best similarity value and or  
30 - in that a memory (D) with a number of selectable, different algorithms for ascertaining measures of similarity between the features of the nominal image points and actual image points is assigned to the

unit (E) for determining the measure of similarity and/or

- in that the data sets of the individual nominal image points in the nominal-image-point memory (H) for at least one nominal image point comprise at least one priority value assigned to said nominal image point.

5

13. Use of the process according to the invention as set forth in one of Claims 1 to 9, or of an arrangement according to the invention as set forth in one of Claims 10 to 12, for the examination of postage stamps, for example with respect to quality, perforation; banknotes, for example with respect to Kinegram, numerals or values; printed patterns or illustrations, labels, identity cards, chip cards, prepayment cards, imprints, barcodes, wafers for the production of semiconductors, electronic printed circuit boards, medicament boxes or medicament containers, documents or document images, images, wooden structures, artefacts, registration plates, vehicles, containers, luggage items, or of images ascertained by optical recording, for example video images.

10

15

20

